

UNTERSUCHUNG
ÜBER DIE QUALITÄT
INTRAORALER
RÖNTGENAUFNAHMEN

Chung-Ki Bak

*Dis.
München
1905*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER POLIKLINIK FÜR ZAHNERHALTUNG UND PARODONTOLOGIE
(DIREKTOR: PROFESSOR DR. E. SONNABEND)
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN DER
UNIVERSITÄT MÜNCHEN

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE QUALITÄT
INTRAORALER RÖNTGENAUFNAHMEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

CHUNG-KI BAK, D.D.S.

aus

Seoul, Korea

München 1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. E. Son nabend

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26. 2. 1985

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	
a) Die Bedeutung der Röntgenqualität	4
b) Bildbestimmende Faktoren	10
c) Aufnahmeverfahren	16
d) Fehler bei der Herstellung von Röntgenaufnahmen	19
e) Untersuchungen über die Qualität intraoraler Röntgenaufnahmen	21
III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	
a) Material	25
b) Methodik	28
IV. STATISTISCHE AUSWERTUNG	35
V. ERGEBNISSE	
a) Vorversuche	37
b) Hauptversuche	40
VI. DISKUSSION UND EMPFEHLUNGEN	64
VII. ZUSAMMENFASSUNG	79
VIII. SCHRIFTTUM	81
IX. ANHANG	89

I. EINLEITUNG

Seit Walkhoff 1896 in Braunschweig zum ersten Mal Röntgenaufnahmen der Zähne im Selbstversuch machte, hat sich die Qualität der Zahnaufnahmen im Rahmen der technischen Neuentwicklungen immer mehr verbessert.

Heute spielen in der Zahnheilkunde die intraoralen Röntgenaufnahmen nach wie vor als ein unentbehrliches Hilfsmittel eine große Rolle. Um die richtigen Informationen bei der Diagnostik der pathologischen Zustände und bei der Beobachtung therapeutischer Maßnahmen zu erhalten, kommt der Qualität der Röntgenaufnahmen besonders große Bedeutung zu.

Trotz der Entwicklung in der modernen Röntgentechnik ist die Qualität der Röntgenaufnahmen immer noch nicht optimal. Nach einigen Studien der Bildqualität zeigte sich, daß mehr als die Hälfte der Bilder mangelhafte Bildqualität aufwiesen (6, 34, 43). Nach SONNABEND (67) kann der Anspruch bei der Anwendung und Durchführung der Röntgentechnik an die Qualität eines Röntgenbildes gar nicht hoch genug sein.

Nur bei optimaler Schwärzung, Kontrast und Schärfe und unter der Voraussetzung der geringsten Verzerrung der Bilder kann der Betrachter die besten diagnostischen Ergebnisse bei ihrer Auswertung erzielen. Dazu sind ideale Projektion, korrekte Filmpositionierung, Belichtung und Entwicklung von entscheidender Bedeutung.

Die Qualität der Röntgenbilder wird von folgenden Faktoren bestimmt (PASLER (49), WUEHRMANN und MANSON-HING (91)): Die ansteigende Spannung verstärkt zwar die Bildschwärzung, reduziert aber den Bildkontrast. Die von der Stromstärke

abhängige Menge der Röntgenstrahlen wirkt auf die Bildschwärzung ein. Zu lange Belichtungszeit und Bewegung des Objektes verursachen Bildunschärfen. Der Fokus muß punktförmig sein. Der Fokus-Objekt-Abstand muß möglichst groß und Objekt-Film-Abstand möglichst klein sein. Bei der korrekten Ausrichtung des Brennfleckes, des Objektes und des Filmes entstehen geringste Verzerrungen. Zur Einschränkung der Streustrahlung muß der Röntgenapparat mit Filter und Blende versehen sein. Für die optimale Projektion sollte auf vertikalen und horizontalen Winkel sowie Zentrierung des Tubus geachtet werden. Bei der Bewegung der Patienten, des Filmes und des Gerätes entstehen unscharfe Bilder.

Der Röntgenfilm reagiert auf korrekte Belichtung und Entwicklung mit optimalem Kontrast. Diese Filmeigenschaften werden durch Lagerungsprobleme und andere chemische und physikalische Einflüsse beeinträchtigt, z.B. bestehende Schleier im Film verschlechtern während der Entwicklung die Schwärzung und den Kontrast. Mit steigender Dicke der Folien und speziellen Filmen wird die Schwärzung des Filmes stark beeinflusst, eine geringe Unschärfe läßt sich dabei aber nicht ausschalten. Bei der Verarbeitung werden Beleuchtung, Temperatur, Verarbeitungsflüssigkeit sowie Sauberkeit beeinflusst.

Wenn die Röntgenaufnahmen mangelhaft sind, werden oft Befunde vorgetäuscht oder krankhafte Veränderungen nicht aufgezeigt. Es kommt daher zu einer unnötigen Strahlenbelastung des Patienten, zu einer Verzögerung des Arbeitsablaufes und eventuell zu einem Arbeitsausfall des Patienten. Die nicht zu unterschätzenden Kosten des Röntgenfilmes und seiner Bearbeitung sind auch noch zu berücksichtigen.

Vor einer diagnostischen Bild-Interpretation ist zur Bildanalyse eine qualitativ hochwertige Aufnahme erforderlich. Nur technisch einwandfreie Röntgenbilder sollten zur Diagnostik herangezogen werden (SONNABEND (67)).

Unter der Voraussetzung, daß mangelhafte Bildqualität weitgehend vermieden bzw. daß sie möglichst klein gehalten wird, um die unnötige Strahlenbelastung so niedrig wie möglich zu halten, sollten die Bilder immer reproduzierbare, einwandfreie diagnostische Qualität aufweisen.

Im Rahmen dieser Arbeit erfassen wir systematisch die Fehler bei der intraoralen Röntgentechnik und dabei beurteilen wir die Qualität intraoraler Röntgenaufnahmen in den zahnärztlichen Praxen und in der Klinik, um häufig vorkommende Fehler in Zukunft vermeiden zu helfen.

II. LITERATURÜBERSICHT

a) Die Bedeutung der Röntgenqualität

Von einer brauchbaren Röntgenaufnahme verlangt man eine deutliche Erkennbarkeit der Objekteinzelheiten. Dazu muß die Röntgenaufnahme hinreichenden Kontrast und genügendes Auflösungsvermögen (Schärfe) haben (13, 16, 40, 49, 59, 72). Die Qualität einer Röntgenaufnahme ist um so besser, je mehr Informationen sie über das Objekt vermittelt. Dafür sind drei Faktoren: Bildschärfe, Kontrast und Bildumfang entscheidend (SONNABEND (65)). Überdies beschrieb WUEHRMANN und MANSON-HING (91), daß der diagnostische Wert der Röntgenaufnahmen von vier Filmqualitäten abhängig ist, das sind: passende Schwärzung, befriedigender Kontrast, gute Schärfe und minimale Verzerrung. Zuletzt benannte DEGERING (19) die von der diagnostischen Qualität der Röntgenaufnahme abhängigen Faktoren: Kontrast, Schärfe, Bildumfang, Verzerrung, Flecken und Schwärzung.

Schwärzung und Kontrast

Unter Schwärzung versteht man die Schwärze, die auf dem verarbeiteten Film dargestellt ist (19, 91). Das Hauptkriterium aller sensitometrischen Begriffe stellt die Schwärzung einer Aufnahme dar. Durch das bloße Betrachten allein vermag man ein Röntgenbild auf seine Güte hin nicht zu bewerten, da dieser Vorgang zu sehr von subjektiven Einflüssen abhängig ist. Zu einer genaueren Beurteilung und Definition bedarf es daher objektiver Methoden. Zur Definition dieser Schwärzung dient der dekadische Logarithmus des Verhältnisses von auffallender (J_0) zu durchgelassener Lichtmenge (J):

$$S = \log \frac{J_0}{J} \quad (\text{Deutsche Normen (20)})$$

Wenn man die zu den verschiedenen Röntgenstrahlendosen gehörenden Schwärzungen bestimmt und in einem Koordinatensystem als Abszisse den dekadischen Logarithmus der Belichtung $L = J \cdot t$ (Bestrahlungsstärke J mal Belichtungszeit t der Schicht) und als Ordinate die ermittelten Schwärzungswerte im Sinne der genannten Definition aufträgt, so erhält man Schwärzungs- oder Gradationskurven. Je steiler die Steigung einer Schwärzungskurve ist, um so größer werden die Schwärzungsdifferenzen und damit der Kontrast. Im Grunde benutzt die diagnostische Röntgenphotographie einen Schwärzungsbereich von 0.25 zu 2 (91).

Anhand eines MacBeth Densitometers untersuchte DEGERING (19) die röntgenographische Schwärzung. Er empfindet eine Schwärzung von 0.75 als optimal. Die diagnostische Breite liegt seiner Ansicht nach zwischen $S = 0.25$ und $S = 1.15$. Er erhielt eine ideale Schwärzung $S = 0.75$ bei 0.8 sec Belichtungszeit und 70 kV. SAUTER (63) hält ein Röntgenbild für gut auswertbar, wenn es eine durchschnittliche Filmschwärzung von $S = 1.14$ bis 1.8 hat.

Als Kontrast wird in der Photographie die Differenz zweier benachbarter Schwärzungswerte definiert (BRONKHORST (12)). Einige Autoren (49, 59, 72, 91) definierten den Kontrast als die Differenz in der Schwärzung in verschiedenen Bereichen des Röntgenbildes. Ein röntgenographischer Kontrast setzt sich vor allem aus dem Filmkontrast und dem Objektkontrast zusammen. Die unterschiedliche Intensität der Absorption in einem Medium wird als Objektkontrast bezeichnet. Er ist nur von der Art des Objektes und der verwendeten Strahlenqualität abhängig. Dagegen zeigt der Filmkontrast unter dem Einfluß der Ausarbeitung die Charakteristik des Filmes. Nach STAFNE und GIBILISCO (72) wird der Objektkontrast von der Dichte und der Schwärzung (gm/cc), der chemischen Komposition des Objektes, der Strahlenqualität und

der Streustrahlung, im Gewebe vom Kontrastagent bestimmt. Dagegen wird der Filmkontrast vom Filmtyp, Filmmaterial, Filmentwicklungsprozeß und der Schleiermenge bestimmt.

Die Abhängigkeit der Schwärzung der Schicht von der Belichtung nennt man die Gradation (SONNABEND (70)). Nach Deutscher Norm (20) wird die Gradation als die Steigung der Schwärzungskurve, die durch den Ausdruck

$$G = \frac{S_2 - S_1}{\log Q_2 - \log Q_1}$$

gegeben ist, definiert. Dazu müssen die Schwärzungen S_1 und S_2 den Werten $S_1 = 0.3$ und $S_2 = 2.0$ über Schleier entsprechen und Q_1 und Q_2 die dazugehörigen Belichtungen sein.

Die Eigenschaft des Röntgenfilmes, den Objektkontrast mittels Filmkontrast noch zu steigern, bewirkt, daß auch kleine Absorptionsunterschiede des Objektes deutlich sichtbar gemacht werden können.

Wenn eine große Menge der verschiedenen Schwärzungen zwischen hellen und dunklen Zonen des Röntgenbildes betrachtet werden kann, spricht man von geringem Kontrast oder "long scale". Andererseits spricht man von hohem Kontrast oder "short scale", wenn nur wenig verschiedene Schwärzungen zwischen hellen und dunklen Zonen des Bildes betrachtet werden können (WUEHRMANN und MANSON-HING (91)).

Zeichenschärfe

Als Schärfe wird nach BRONKHORST (12) der Übergang einer Schwärzungsstufe zur anderen definiert. Nach POPPE (54) und WUEHRMANN und MANSON-HING (91) ist die Schärfe die Fähigkeit der Röntgenbilder, das Bild des Objektes deutlich zu definieren.

Diese Schärfe hängt in erster Linie vom Kontrast des Objektes ab. Die Zeichenschärfe wird von folgenden Faktoren ungünstig beeinflusst: 1. Von der geometrischen Unschärfe, die darauf beruht, daß der Fokus der Röntgenröhre kein Punkt, sondern eine Fläche ist, so daß an den Bildrändern eines Objektes Halbschatten entstehen und überdies wegen des endlichen Abstandes der abbildenden Strahlenquelle das Schattenbild vergrößert wird. 2. Von der Bewegungsunschärfe, die durch Bewegung der Strahlenquelle, des Patienten oder des Filmes während der Exposition entsteht. 3. Von der Materialunschärfe, die in der Körnigkeit der Silberbromidkristalle in der Filmemulsion (Filmenschärfe) bzw. der Kalziumwolframatkristalle in den Verstärkerfolien (Folienunschärfe) begründet liegt.

Die Zeichenschärfe beurteilt man nach der Begrenzung der einzelnen Bildteile. Sind die Ränder dieser Bildelemente glatt und scharf, so ist sie gut; sind sie verwaschen und daher schlecht zu erkennen, ist sie schlecht (JANKER (40)).

Bildumfang

Neben Schärfe und Kontrast spielt in der Diagnostik "eine gute Übersicht über das Gesamtbild" eine entscheidende Rolle. Da es bezüglich des Bildumfanges jedoch keine mathematische Gesetzmäßigkeit gibt, ist das ärztliche Urteil von großer Bedeutung. Ein solches Urteil läßt sich nur auf Grund einer großen Anzahl von Probeaufnahmen der interessierenden Objekte gewinnen (SONNABEND (65)).

POHLIT (53) beschrieb in einem Beispiel von zwei gleich großen Drahtringen die Perspektive (Bildumfang) im Röntgenbild. Er ermittelte, daß beim Betrachten eines Röntgenbildes aus der üblichen Richtung eine falsche geometrische Vorstellung erzeugt wird. Es liegt allein daran, daß die "übliche

Betrachtungsrichtung in Richtung auf die Röntgenröhre" durch die Röntgendiagnostik mit dem Leuchtschirm gegeben ist und deshalb von den Diagnostikern auch bei der Betrachtung von Filmen beibehalten wird.

Vergrößerung - Verzerrung - Überlagerung

Unter Vergrößerung versteht man nach VAN AKEN (80) das Verhältnis zwischen der Zahnlänge und Länge des Objektbildes. Röntgenstrahlen breiten sich divergierend von einer annähernd punktförmigen Strahlenquelle aus. Sie unterliegen somit dem Gesetz der Zentralprojektion, d.h. ein abzubildendes Objekt wird nur dann maßgerecht dargestellt, wenn es direkt dem Film anliegt, sonst wird es vergrößert. Da dies praktisch nicht zu realisieren ist, ist die Objektvergrößerung an sich unvermeidbar. Ferner wird sie um so stärker, je größer der Objekt-Film-Abstand und je kleiner der Fokus-Objekt-Abstand ist (PASLER (49), RITTER (59)). Bei der Parallellagerung der Filmebene zur Objektachse und dem Senkrechtseinfall des Zentralstrahles wird nach LANGLAND (42) und PASLER (49) ein Objekt nur gleichmäßig vergrößert, jedoch nicht verzerrt.

Unter Verzerrung versteht man eine ungleichmäßige Vergrößerung der einzelnen Objektschnitte (80, 25, 28, 49, 91), wodurch entweder Verlängerung oder Verkürzung röntgengraphischer Bilder die Folge sind (LANGLAND (42)). Da die Untersuchungsobjekte in verschiedenen Ebenen, d.h. in unterschiedlichen Film-Objekt- und Fokus-Objekt-Entfernungen liegen, werden filmnahe Objekte weniger stark vergrößert als filmfern liegende. Nach WUEHRMANN und MANSON-HING (91) leiden alle Röntgenbilder aber mehr oder weniger unter Verzerrung, die durch korrekte Fokus-Objekt-Film-Ausrichtung möglichst klein dargestellt werden kann (FITZGERALD (25)).

Die zweidimensionale Abbildung dreidimensionaler Objekte führt zwangsläufig zu Überlagerungen, die auch an sich unvermeidbar sind. Bei oral dickem Alveolarknochen und zarten Wurzeln wird z.B. eine Wurzel von Knochenstruktur überlagert, so daß wir sie kaum erkennen können. Aber die durch falsche Horizontalausrichtung des Zentralstrahles entstehenden Überlagerungen müssen auf jeden Fall ausgeschaltet werden, denn infolge dieser Überlagerung können sich im Bild verschiedene anatomische Gegebenheiten gegenseitig auslösen.

Artefakte

Für eine einwandfreie Bildqualität können Artefakte Probleme mit sich bringen. Während der Vorbereitungsphase, der Aufnahme und der Ausarbeitung entstehen durch Vernachlässigung der elementaren Grundlagen immer wieder Artefakte.

Häufig treten scharf begrenzte, rundliche, helle oder dunkle Artefakte auf, die manchmal zu einer Fehldiagnose geführt haben. Die Ursachen sind unter anderem häufig Entwicklertropfen und Fixierbadspritzer, die auf den Film gelangt sind (ACKERMANN (2)), oder falsche Handhabung. Oft werden auch Schmuckstücke, Zahnersatz, Brille oder Hörapparate mit abgebildet, welche die Diagnostik erschweren.

b) Bildbestimmende Faktoren

In der Zahnheilkunde muß man bei der Herstellung von Röntgenbildern viele wichtige Faktoren beachten. Aus der großen Anzahl von Gesichtspunkten sind die Qualität der Röntgenbilder und in Bezug auf die Röntgenstrahlendosis die Sicherheit des Patienten und des Personals hervorzuheben. Hier aber befassen wir uns nur mit den Faktoren der Bildqualität, die unter anderem von der Exposition, der Projektion, dem Filmmaterial, der Filmlage und von der Verarbeitung in der Dunkelkammer abhängig sind.

Diese termini technici bilden die wichtigsten bildbestimmenden Faktoren (PASLER (49), SONNABEND (70), WUEHRMANN und MANSON-HING (91)).

Die Erhöhung der Heizstromstärke an der Kathode (in mA) führt zu einer Vermehrung der Röntgenphotonen in der gleichen Zeiteinheit. Um dieselbe Bildschwärzung zu erzielen, muß das mAs-Produkt jedoch stets gleich bleiben. Das Produkt aus mA x s entscheidet über den Schwärzungsgrad eines Filmes, nicht aber über den Kontrast. Nicht nur durch die Steigerung der Filmempfindlichkeit, sondern auch durch die Erhöhung der Heizstromstärke kann die Belichtungszeit gesenkt werden.

BUCHHOLZ (14) beschrieb eine Methode, wobei für den Stromerzeuger die Expositionszeit leicht zu berechnen ist, ohne Rücksicht auf Tubuslänge, Röhrenspannung, Stromstärke oder Idiosynkrasien der Produktion. Diese Methode gestattet jedem Praktiker, korrekte Belichtungszeit einfach zu berechnen. In einer Studie untersuchten WEBBER und RYGE (84) die Bedeutung der Belichtungsparameter bei der Zahnröntgenographie. Sie fanden, daß das diagnostische Potential der Zahnbilder relativ unabhängig von der Strahlenqualität ist, die von der Veränderung des Aluminiumfilters und der Spitzen- spannung bestimmt wird.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Spannung. Die Erhöhung dieser Spannung (in kV) führt zu energiereicheren, kurzwelligeren und damit durchdringungsfähigeren Röntgenphotonen. Wohl hat die zunehmende Spannung eine Verstärkung der Bildschwärzung zur Folge, man muß jedoch in Kauf nehmen, daß einmal wegen geringerer Absorptionsunterschiede zwischen den einzelnen Strukturen und zum anderen wegen vermehrt auftretender Streustrahlung der Kontrast verloren geht. Dagegen geben weiche Strahlen kontrastreiche Bilder, erfordern aber andererseits verlängerte Belichtungszeiten, wodurch oft eine höhere Strahlendosis notwendig wird.

Seitdem FITZGERALD (24) die Verwendungsmöglichkeiten der harten Strahlen bei Zahnaufnahmen veröffentlichte, ermittelten WUEHRMANN et al. (88, 89) in ihren Arbeiten, daß bei 90 kV bis 95 kV physikalisch das Optimum an Detailerkennbarkeit für intraorale Aufnahmen erreicht wird. Von SPANGENBERG und POOL (71) wurde darauf hingewiesen, daß die Röntgenbilder bei harten Strahlen von 70 kV bis 90 kV mehr Informationen erhalten als diejenigen bei weichen Strahlen von 45 kV.

UPDEGRAVE (76) untersuchte an einer Aluminiumtreppe den Bildkontrast bei Röhrenspannungen von 60 kVp und 90 kVp. Dabei stellte er fest, daß bei 60 kVp ein guter Bildkontrast produziert wird. In einer anderen Versuchsreihe zeigte er, daß die Zementbasis und die Amalgam-Füllung bei weicher Spannung von 50 kVp bis 60 kVp nicht betrachtet werden konnte. Das heißt, daß eine Spannung von 90 kVp nicht nur für die Durchstrahlung der dichten Strukturen der Zähne, sondern auch für die dünneren und leichter zu durchdringenden Bereiche von Vorteil ist. In einer Untersuchung von Zahnbildern wies CRANDELL (18) nach, daß bei 90 kVp ohne zusätzliche Filter optimale Bilder produziert werden können. Bei der Diagnose der Spalte der periapikalen

Lamina dura fand MANSON-HING (44), daß die größte fehlerfreie Berechnung bei Bildern mit einer Spannung von 60 kV bis 75 kV erreicht wurde.

SONNABEND (65) untersuchte deshalb, welche Spannungsbereiche für intraorale Zahnaufnahmen zur Erzielung der bestmöglichen Aufnahmequalität und geringster Dosisbelastung am günstigsten sind. Er führte dazu eine photometrische und subjektive Auswertung von Zahnaufnahmen mit unterschiedlich angelegten Spannungen von 40 kV bis 90 kV durch. Dabei fand er, daß den Spannungen von 50 kV bis 70 kV der Vorzug gegeben wird, wobei für die Hartsubstanzen der Zahnkrone 60 kV bis 70 kV empfohlen werden.

Für eine bessere Bildqualität braucht man die kürzest mögliche Belichtungszeit. Sie kann bei größerer Entfernung zwischen Fokus und Film dann sehr kurz gehalten werden, wenn durch Erhöhung der Heizstromstärke der Glühkathode die Intensität des Röntgenlichtes gesteigert wird. Das ist auch für die Schärfe der Aufnahme ein wesentlicher Vorteil. Die Belichtungszeit ist auch von der Empfindlichkeit des Filmmaterials abhängig. Grobkörnige Schichten sind lichtempfindlich, dafür nicht so fein zeichnend. Dagegen erfordern feinkörnige, feinzeichnende Schichten eine längere Belichtungszeit. Nach SONNABEND (70) sind die Belichtungszeiten meistens zu lang und daher: Maßstab für die Belichtungstabelle muß der frisch angesetzte Entwickler sein!

Da die Röntgenstrahlen mit zunehmendem Abstand von der Strahlenquelle durch Schwächung an Intensität und durch kegelförmige räumliche Ausbreitung an Dichte pro Flächeneinheit verlieren, spielt der Abstand eine große Rolle in Bezug auf die Bildschwärzung. Da die Röntgenstrahlen dem quadratischen Abstandsgesetz folgen, nimmt die Strahlenintensität mit dem Quadrat der Entfernung von der Strahlenquelle ab.

Eine Vergrößerung des Fokus-Objekt-Abstandes und eine Verminderung des Objekt-Film-Abstandes vermag den Vergrößerungseffekt und die Randunschärfe auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Zeichenschärfe wird von der eingestellten Fokusgröße bestimmt. Da jedoch der Fokus aus technischen Gründen nicht auf einen Punkt zu reduzieren ist, hat man den sogenannten "Strichfokus (Goetze-Strichfokus)" erfunden. Die infolge der Ausdehnung des Fokus erzeugte geometrische Unschärfe wird um so größer, je weiter das Objekt am Fokus liegt; d.h. das Bild ist andererseits um so schärfer, je näher das Objekt am Film liegt und je weiter das Objekt vom möglichst kleinen Fokus entfernt ist.

Beim Durchgang von Röntgenstrahlen durch ein Medium werden diese entweder absorbiert oder seitlich gestreut. Diese Streustrahlung verursacht durch diffuses Strahlungsgemisch eine Verringerung des Kontrastes. Durch den Einbau eines Filters und einer Blende im Gehäuse des Gerätes versucht man die Entstehung von Streustrahlung im Gewebe einzudämmen. Damit wird einerseits die Bildqualität verbessert und andererseits auch die Strahlenbelastung verringert.

Die Qualität eines Röntgenbildes wird weitgehend von strukturellen Unterschieden im Gewebe diktiert, die als Objekt-kontrast bezeichnet wird. Große Unterschiede in der Dicke und in der Dichte des durchstrahlten Gewebes ergeben einen guten Kontrast und wenig Grauwerte im Bild. Das Alter des Patienten spielt wegen des unterschiedlichen Kalziumgehaltes der knöchernen Strukturen eine besondere Rolle.

Der Zustand der Röntgenfilme spielt für die Bildqualität eine große Rolle. Der heute verwendete Sicherheitsfilm besitzt eine lichtempfindliche Schicht (Emulsion) aus

Gelatine und Silberbromidkristallen, die nach Belichtung durch reduzierende Substanzen im Entwickler in metallisches Silber übergeführt werden, was an ihrer grauen bis schwarzen Färbung erkennbar ist. Alle Röntgenfilme stellen einen Kompromiß zwischen Empfindlichkeit, Gradation, Schleierbildung und insbesondere der Körnigkeit dar. Nach EGGERT (22) soll das Filmmaterial hohe Empfindlichkeit, steile Gradation, gute Klarheit, ausreichende Haltbarkeit, Gleichmäßigkeit dieser Eigenschaften für verschiedene Lieferung und fehlerfreie Beschaffenheit des Materials erfüllen.

Um die Empfindlichkeit der Filme zu steigern, sind die Filme doppelseitig beschichtet. Eine weitere Erhöhung wird durch die Verwendung von Verstärkerfolien erzielt, die aber für intraorale Röntgenaufnahmen nicht benutzt werden.

Im allgemeinen haben feinkörnige Emulsionen mit geringerer Empfindlichkeit ein hohes Auflösungsvermögen. EVANS (23) belegte, daß die Unschärfe unter der Verwendung des Films mit geringerer Empfindlichkeit geringer ist. In einer Studie von Filmeigenschaften wies VAN AKEN (79) darauf hin, daß die höchste Empfindlichkeit 31mal so hoch wie die niedrigste war. GOREN et al. (30) untersuchten anhand zweier Filme die Reaktion verschiedener Filmemulsionen auf die allgemein übliche Strahlenqualität. Sie stellten fest, daß eine quantitativ bedeutsame Reduzierung der Bildqualität durch die Benutzung der härteren Strahlen, des hochempfindlichen Filmes (ASA Klasse D) und des "Time-Temperature-Processing Parameter" zu erreichen ist.

Durch Probleme bei der Lagerung des Filmes wird die Bildqualität beeinflusst. Unsachgemäße Lagerung bewirkt eine vorzeitige Alterung des Filmes, wodurch der Grundsleier erhöht wird. Die Schleierbildung entsteht auch noch durch zu lange Hantierung mit den ausgepackten Filmen. Filmmaterial

reagiert nicht nur auf Licht- und Röntgenstrahlen. Druck, Feuchtigkeit, chemische Dämpfe, erhöhte Temperatur und elektrostatische Entladung können zu Veränderungen führen (GRASSER und ACKERMANN (32)).

Man unterscheidet heute bei der Entwicklung der Filme die manuelle Verarbeitung, die halbautomatische und die vollautomatische Verarbeitung.

HORN (38) folgerte, daß eine stets gleichbleibende Bildqualität nur dann möglich ist, wenn eine sachkundige Verarbeitung in der Dunkelkammer vorausgesetzt wird. Sie schließen die richtige Lagerung des Filmmaterials, die vorschriftmäßige Dunkelkammerbeleuchtung und standardisierte Filmentwicklung mit ein. PENTEL und GOREN (51) untersuchten die "Ton-Skala und Trennung" bei der Zahnfilmemulsion. Sie fertigten Filme mit Hilfe einer "step-wedge" mit zunehmender Dicke des Aluminiums an und beobachteten sie bei verschiedenen Bedingungen: Temperatur, Spannung und Entwicklern. Dabei wiesen sie nach, daß sich bei 20 °C eine optimale Entwicklung ergibt und daß sich unter Verwendung von Ultra-Speed Film bei 90 kVp die günstigste Ton-Skala zeigte. Schließlich sind sie der Meinung, daß hinreichend befriedigende Bilder nur durch strenge Kontrolle der Entwicklerflüssigkeiten, Filme und Temperaturkombination herzustellen sind.

Um eine konstante und reproduzierbare Verarbeitung zu erzielen, setzt sich immer mehr die vollautomatische Verarbeitung durch. Nach einer Studie von FORTIER (26) kann jedoch bei Verwendung von automatischer Verarbeitung eine signifikante Verminderung der Bildqualität nachgewiesen werden. Diese werden durch die mangelnde Sauberkeit und fehlerhafte Entwicklungs- bzw. Fixierungsflüssigkeit verursacht.

c) Aufnahmeverfahren

In der Zahnheilkunde kommen für die intraoralen Röntgenaufnahmen zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren zur Anwendung: die bald 80jährige Winkelhalbierungstechnik von CIESZYNSKI (15) und die in jüngerer Zeit stärker in den Vordergrund tretende Parallel- oder Rechtwinkeltechnik von FITZGERALD (25) und HIELSCHER (37).

Die Halbwinkeltechnik kann zwar jederzeit ohne Einsatz besonderer Hilfsmittel angewendet werden, es treten aber bei der Projektion erhebliche Mängel auf, da man weitgehend auf eine gedachte Ebene einstellen sollte. Diese Problematik ist jedoch zu erleichtern, wenn die Divergenz der Strahlen durch einen größeren Fokus-Objekt-Abstand auf ein Minimum reduziert und der Winkel zwischen Filmebene und Zahnachse durch den Einsatz geeigneter Filmhalter bzw. Einlegen von Watterollen möglichst verkleinert werden kann. Um die Variable in der Halbwinkeltechnik möglichst klein darzustellen, wurden nach UPDEGRAVE (77, 78), MEDWEDEFF (45), ROSCHMANN (60), MEURON und HERREN (46) u.a. Filmhalter mit bzw. ohne Zusatzgeräte erfunden.

Dagegen wurde bereits zu Beginn des Jahrhunderts von PRICE eine andere Aufnahmemethode vorgeschlagen, um diesen Nachteil bei der Halbwinkeltechnik zu vermeiden. Trotz der Weiterentwicklung durch FITZGERALD (25) wurde diesem Gedanken vor allem aus anatomischen Gründen kein neuer Aufschwung verliehen.

Bei der Paralleltechnik wird der Zahn mit Sicherheit in allen Teilen maßgerecht wiedergegeben und die Gegend des Limbus alveolaris wird vom Zentralstrahl getroffen und unverzerrt abgebildet. Aber häufig verhindern die anatomischen Verhältnisse die maßgerechte Wiedergabe des Zahnes

(HUTZLI (39)). Brauchbare Ergebnisse werden jedoch dann erzielt, wenn der Film parallel zur Zahnachse angeordnet und in einem Winkel von 15° auf den Apex gerichtet wird (VAN AKEN (80)). Die von HIELSCHER (37) empfohlene Rechtwinkeltechnik hat zwar das Problem der Filmfixation ein wenig verbessert, die Probleme der Abstandfrage sind aber geblieben. Da mit einer Vergrößerung des Abstandes zwischen Fokus und Objektebene die Belichtungszeit erheblich größer wird und der Film in seiner Position oft schlecht fixiert werden kann, haben sich diese Verfahren in der Praxis nur langsam realisieren lassen. UPDEGRAVE (78) erfand Einstellgeräte, die diese Problematik lösen können. VAN AKEN (80) kam mit "Paralleling Extension Cone (XCP)"-Geräten zu guten Ergebnissen. LANGLAND (42) zeigte mit o.g. Geräten eine minimale Verzerrung und reproduzierbare Röntgenbilder auf. Einige Jahre später ermittelte BENKOW (9) eine standardisierte intraorale Röntgeneinstellung im Gegensatz zur freien Projektion mit einem Filmhalter nach EGGEN.

Bereits 1925 hat RAPER auf ein Verfahren hingewiesen, daß die röntgenologische Untersuchung der Approximalflächen des Gebisses durch die gleichzeitige Darstellung beider Zahnreihen wesentlich vereinfacht. Viele Autoren fordern, für die Bißflügelaufnahmen zur Reduzierung der geometrischen Unschärfe und damit Verbesserung der Bildqualität bevorzugt einen Langtubus zu benutzen. Dies bestätigte VAN DE POEL (82) in seiner Arbeit. Für gute Bißflügelaufnahmen wird von WEGNER (85) ein kombiniertes Filmhalter- und Einstellgerät vorgestellt.

Zusammenfassend sind folgende Projektionsregeln zu beachten:

1. Überall dort, wo es möglich ist, sollte das Verfahren der Parallelprojektion benutzt werden (SONNABEND (68)).
2. Sofern keine Parallelprojektion möglich ist, sollte der Zentralstrahl senkrecht auf die Filmebene (Rechtwinkeltechnik) oder auf die Winkelhalbierungsebene zwischen Objekt und Filmebene eingestellt werden.
3. Für die maßgerechte, überlagerungsfreie Darstellung eines Zahnes sollte der Zentralstrahl nur bei ortho-radialer Projektion eingestellt werden.
4. Zahnfilme sollten möglichst parallel zur Objektachse stehen.
5. Der Zahnfilm muß der Sehne in den einzelnen Abschnitten des Zahnbogens der Inter-alveolarlinie so parallel als möglich folgen.
6. Der Zahnfilm darf keinesfalls in horizontaler bzw. vertikaler Richtung verbogen werden.

d) Fehler bei der Herstellung von Röntgenaufnahmen

Fehlerhaft angefertigte Röntgenaufnahmen können pathologische Befunde vortäuschen oder krankhafte Veränderungen nicht aufzeigen. Es kommt zur unnötigen Strahlenbelastung, Wiederholungsaufnahmen, Zeitverlusten, unnötigen Unkosten und Belästigung des Patienten.

Fehler in der Röntgentechnik können unterteilt werden in Fehler bei der Exposition, bei der Verarbeitung in der Dunkelkammer und durch Filmmaterial und der Röntgenanlage.

Nach Ansicht von SONNABEND (67) wird die weitaus größte Zahl der vorkommenden Fehler nicht durch Material oder die Apparatur bedingt, sondern durch Anwendungs- und Verarbeitungsfehler. Von einer Vielzahl der Autoren (2, 5, 17, 47, 48, 50, 56, 61, 68) werden die Projektionsfehler an erster Stelle genannt.

Die Fehlermöglichkeiten bei der Röntgentechnik wurden von einigen Autoren wie SONNABEND (67), RECKOW (57), HAUSER (36), THUNTY (73), VAN DE POEL (81) u.a. ausführlich beschrieben. Eine Reihe von Autoren wie CRANDELL (17), BEAN (5), MOURSHED (47), WEISSMAN (86), VAN DE POEL (81), ROTHER (61) und PATEL (50) befaßten sich mit den Fehlerhäufigkeiten bei der Herstellung von Intraoralröntgenaufnahmen. Dabei weisen CRANDELL, MOURSHED, PATEL und WEISSMAN auf die unkorrekte Filmpositionierung als den häufigsten Fehler hin. Die Studie von BEAN und VAN DE POEL erwies, daß die Sichtbarkeit der periapikalen Region die erste Stelle einnimmt. Bezüglich der Aufnahmetechnik stellten CRANDELL, BEAN und VAN DE POEL fest, daß die Röntgenaufnahmen unter Verwendung von Halbwinkeltechnik beträchtlich mehr Fehler enthielten als diejenigen unter Verwendung der Paralleltechnik.

In der Tabelle 1 (S. 20) ersieht man die vergleichbaren Ergebnisse.

AUTOR	Crandell	Bean	Mourshed	Weissman	Van de Poel	Rother	Patel
JAH	1958	1969	1971	1971	1972-3	1976	1979
BIL	4656	588	5578	588	1464	2000	6763
BEHANDLER	Student	Student	Student	Student	Student	Schwester	Student
EINHEIT	verschieden	verschieden	verschieden	verschieden	verschieden	ein	verschieden
FILMHALTER		Parallel: XCP	Snap-A-Ray (Rinn)	Parallel. XCP	Halbwink.: Hand	Hand	Hemostat. mit Biffl.- block u. Zungeklänge
bzw. ZUSÄTZE	Hand	Halbwink.: Hand			Parallel.: Filmhalter		individuell
URTEILER	individuell	individuell	individuell	individuell	individuell	individuell	individuell
FEHLER (%)	(9.0)	P(11), H(25)	(48)	(11)	P(14), H(17)	(30)	(13)
HÄUFIGSTE	Position.	Apex	Position.	Position.	Apex	Projektion	Position.
FEHLER-	Vert. Proj.	Vert. Proj.	cone-cut	Apex	Position.	Verarbeitg.	cone-cut
QUELLE	Position.	Position.	Hor. Proj.	cone-cut	cone-cut	Belichtung	Vert. Proj.
SONSTIGES	Position. (UK Molar)	Parallel.	Parallel.	OK Molar	Langtubus	manuell	UK Molar
	Vert. Proj. (OK)	besser als Halbwink.	besser als Halbwink.	mehr als OK Präsm. bzw. Eckzahn	besser als Kurtztubus	Verarbeitg.	am häufigst., OK Molar folgt

Tab. 1: Vergleich zwischen den Studien, die sich mit der Fehlerhäufigkeit bei der Herstellung von Röntgenbildern befaßt haben.

Position. = Filmpositionierung, Vert. Proj. = Vertikale Projektion, Apex = Sichtbarkeit der periapikalen Region, Cone-cut = Einblendung (Tubusschatten), UK = Unterkiefer, OK = Oberkiefer, Parallel. = Paralleltechnik, Halbwink. = Halbwinkeltechnik.

e) Untersuchungen über die Qualität intraoraler Röntgenaufnahmen

Die Suche in der Literaturübersicht nach einem anwendbaren Bewertungssystem für die Beurteilung einer großen Anzahl der Filme war nicht produktiv. Wenige Bewertungssysteme wurden veröffentlicht, denn eine große Anzahl von Röntgenbildern werden in der Regel subjektiv nur in den zahnmedizinischen Institutionen geprüft.

WUEHRMANN (92) schlug ein Bewertungskriterium für die technische Qualität der Zahnrontgenbilder vor. Er schloß in der Kriterienliste die Anzahl der zu untersuchenden Wurzelspitzen ein, die Anzahl der zu untersuchenden Kontaktzahnbereiche, die Sichtbarkeit der Aufwärtskrümmung der maxilären Tuberosität und der Weisheitszähne in der Mandibula, schließlich die Sichtbarkeit der Normalstruktur um die pathologische Apikalregion. Er war der Meinung, daß Röntgenbilder eine auswertbare Schwärzung, den vollständigen Umfang der beiden Kiefer, alle Interdentalräume mit geringer Überlagerung, alle apikalen Bereiche mit mindestens etwa 3.2 mm zeigen sollten. Seine Methode ist aber zu kompliziert und zu zeitaufwendig.

BARR (4) ermittelte ein Kriterium für die diagnostische Akzeptabilität: Belichtung, Schwärzung und Kontrast, Schärfe, Genauigkeit in der Dimension, strukturelle Orientierung und Überlagerung, Deckung und Kontinuität, Reproduzierbarkeit sowie Artefakte. Seine subjektiven Kriterien befaßten sich mehr mit der Interpretation des Bildes als mit der technischen Qualität des Bildes. Auch von VAN DE POEL (83), ROTHER und SCHWARZ (61), PATEL (50), WEISSMAN (86) u.a. wurden Zahnbilder mit eigenen subjektive Kriterien bewertet, aber sie sind nicht genannt.

Im Jahre 1973 untersuchte GRÖNDAHL (34) Röntgenbilder nach einem Fragekatalog, der technische Qualitäten wie Projektion, Schwärzung, Verarbeitung, auch Datierung und Archivierung erfaßte. Er arbeitete mit Bildern, die im Zusammenhang mit Zahnschäden an eine große Versicherung geschickt wurden. Bei den Kriterien wurde auch die Beurteilung der klinischen Brauchbarkeit des Bildes berücksichtigt. Es zeigte sich, daß etwa 70 % aller Bilder einen oder mehrere technische Fehler aufweisen. Etwa ein Drittel der Röntgenbilder war nicht datiert.

Fünf Jahre später führte er eine vergleichende Untersuchung anhand von 469 Bildern durch. Die Resultate zeigten, daß 54 % aller Bilder Fehler hatten. Im Vergleich zu den ersten hinterließ dieses Ergebnis zwar den Gesamteindruck einer Verbesserung, aber nicht in dem Maß, daß die Notwendigkeit einer weiteren Verbesserung vernachlässigt werden könnte. Trotz der Qualitätsverbesserung ergab sich noch ein enttäuschendes Resultat, weil mehr als 50 % aller Bilder einen oder mehrere Fehler zeigten und nur etwa 30 % aller Fälle zufriedenstellend waren.

BEIDEMAN (6) entwickelte ein einfaches und brauchbares Bewertungssystem und verwendete es 1974 und 1977 bei intraoralen Röntgenbildern. Die Bilder wurden von zwei Bewertern betrachtet und Fehlerhäufigkeiten verteilt. Es zeigte sich, daß die Vielzahl der bewerteten Röntgenaufnahmen unter dem Durchschnitt lagen (75 %). Er bearbeitete Bilder, die ebenfalls im Zusammenhang mit Zahnschäden an eine Versicherung geschickt wurden. Um die Leistung des Bewertungssystems zu berechnen, wurde eine Nachuntersuchung durchgeführt. Statistischer Vergleich der Daten beider Studien zeigten eine signifikante Verminderung der Fehlerhäufigkeit über eine Spanne von drei Jahren. Nach drei Jahren wurde

die Qualität der Bilder um das Doppelte verbessert (25 % zu 50 %). Wenn das Kriterium "Archivierung und Datierung" abgeschlossen wird, hatte sie sich von 45 % auf 75 % verbessert.

ZAPPA (93) bewertete systematisch 198 Zahnbilder, die auch an eine Unfallversicherungsanstalt geschickt wurden. Drei Bewerter analysierten die Bilder bezüglich der verschiedenen Kriterien. Aus den Resultaten ging hervor, daß die Qualität der Bilder im allgemeinen gut war und die Gründe für die verminderte Qualität hauptsächlich in ungenügender Schwärzung, schlechter Filmpositionierung sowie im Durchbiegen des Filmes lagen.

LERVIK (43) untersuchte nach einem Kriterium die Bilder von neun- bis elfjährigen. Er fand heraus, daß die Hälfte der Bißflügelaufnahmen Filmpositionierungsfehler und 25 % Überlagerung zeigten. Er ist der Meinung, daß die Qualität der periapikalen Bilder nur für die Diagnose der Karies bei Frontzähnen in den meisten Fällen hinreichend war.

Die einzelnen Ergebnisse der vergleichbaren Studien lassen sich aus der Tabelle 2 (S. 24) ersehen.

***: häufigste Fehlerquelle, **: zweithäufigste Fehlerquelle, *: dritthäufigste Fehlerquelle

A. AUTOR	Beideman 1	Beideman 2	Gründahl 1	Gründahl 2	Lervik	Zappa
B. JAHRGANG	1976	1983	1974	1980	1982	1982
C. BILDANZAHL	1000	755	497	469	2400	198
D. BILDART	Versicherung	Versicherung	Versicherung	Versicherung	Krankenhaus	Versicherung
E. BEWERTER	zwei	zwei	ein	ein	drei	drei
F. % der annehmbareren Bilder	25 (45)	50 (75)	30	46	-	-
KRITERIEN					bei Bißflügel- aufnahmen:	28.3 % *
1. Schwärzung	12.5 %	4.0 %	32.0 %	17.9 %	1. Überlagern. = 38.8 %	17.0 %
2. Entwicklung	8.4 %	6.4 %	40.6 %	21.6 %		15.7 %
3. Wurzelspitze	21.2 % *	15.6 % *	-	-		20.6 %
4. Horiz. Proj.	13.2 %	3.0 %	Projektion: 50.8 %	41.3 %	2. Filmposi- tionierung = 47.3 %	23.0 %
5. Vert. Proj.	19.8 %	7.6 %				35.0 % **
6. Positionierung	23.1 % **	16.3 % **				5.3 %
7. Cone-Cut	9.4 %	3.4 %				42.3 % ***
8. Durchbiegung	4.8 %	4.9 %				5.6 %
9. Pathologie	2.6 %	0.5 %	-	-		10.7 %
10. Schärfe	-	-	-	-		-
11. Filmmzahl	5.3 %	3.0 %	-	-		-
12. Archivierung	50.1 % ***	34.7 % ***	17.6 %	3.7 %		-
13. Datierung			34.5 %	18.7 %		-
SONSTIGES	Zeile F.: Zahl in () ist Prozentsatz der Bilder ohne Kriterien 12 u. 13				nur Bißflügel- aufnahmen ver- gleichbar	

Tab. 2: Vergleich der Bildqualitätsbewertung bei verschiedenen Autoren

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

a) Material

Für die vorliegende Untersuchung wurden 648 intraorale Röntgenaufnahmen im Original aus den Jahren von 1978 bis 1982 zur Verfügung gestellt. Die Untersuchung wurde an Zahnrontgenbildern der Patienten der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität München und in allgemeinen Praxen durchgeführt.

Es handelt sich um intraorale Röntgenbilder (PAR-Statens, Zahnstatens und Bißflügelaufnahmen), wobei die Aufbißaufnahme nicht berücksichtigt wurde. Im allgemeinen variierten PAR- und Zahnstatens zwischen 9 und 14 Bildern, Bißflügelaufnahmen ein bis mehrere Bilder.

Die Röntgenbilder wurden eingestuft in Altersgruppe, Geschlecht und Jahrgang der Aufnahme. Weiterhin wurden sie nach den Einstellungen, Entwicklungsarten, Zahnbereichen, Geräte, Filmtypen sowie verwendete Entwicklungskemikalien unterteilt.

Probandenübersicht

Alle Röntgenbilder wurden zufällig ausgewählt und sind in den folgenden Tabellen aufgelistet.

	Männer	Frauen	gesamt
Klinik	237	139	376 (58.0)
Praxis	142	130	272 (42.0)
gesamt	379	269	648 (100)
(%)	58.5 %	41.5 %	

379 männlichen Probanden standen 272 weibliche gegenüber, was eine prozentuale Verteilung von 58.5 % zu 42.0 % ergibt.

Tab. 3: Verteilung nach Geschlecht

Alter	bis 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 ...	gesamt
Klinik	21	71	135	127	23	376
Praxis	75	82	55	48	12	272
gesamt	96	153	190	175	35	648
%	14.8	23.6	29.2	27.0	5.4	100

Tab. 4: Altersstruktur

Der jüngste Patient war 16 Jahre, der älteste 68 Jahre alt. Die Altersgruppe von 31 bis 40 Jahren war mit 29.2 % der Probanden am stärksten vertreten. Entsprechend wurde die Anzahl der Probanden in höheren Altersgruppen geringer: nur 35 (5.4 %).

	PAR-Status	Zahnstatus	Bißflügel	gesamt
Klinik	179	65	28	376
Praxis	0	360	16	272
gesamt (%)	179 (27.6)	425 (65.6)	44 (6.8)	648 (100)

Tab. 5: Verteilung nach Einstellung

Der größte Teil der Aufnahmen (65.6 %) waren Zahnstaten. Bei der Bildanalyse wurde kein PAR-Status aus der Praxis herangezogen.

	OBERKIEFER				UNTERKIEFER			
	Molar	Präm.	Eckz.	Front	Molar	Präm.	Eckz.	Front
Klinik	61	55	55	17	58	53	33	28
Praxis	47	40	12	20	49	42	15	19
gesamt	108	95	67	37	107	95	48	47
%	17.9	15.7	11.1	6.1	17.8	15.7	7.9	7.8

Tab. 6: Verteilung nach Zahnbereichen

Wegen der Vielzahl der Statien haben wir sie in vier verschiedene Zahnbereiche unterteilt: Molaren-, Prämolaren-, Eckzahn- und Frontzahnbereich. Aus Tab. 6 (S. 26) sind Ober- und Unterkieferbereiche zu ersehen.

		Gerätetyp	Entwicklung	Filmtyp	Chemie
Klin	A	Ritter Transdent	Automatisch	Kodak D	Titanol
	B	Ritter Explorer	Automatisch	Superdozahn	Titanol
Praxis	C	Ritter Transdent	Automatisch	Kodak D	Dürr
	D	Siemens Heliodont 70	Automatisch	Superdozahn	Dürr

Tab. 7: Verteilung nach Typ des Gerätes, Entwicklungsart, Filmtyp und Chemie.

Die untersuchten Bilder stammen aus vier verschiedenen Gruppen: A, B, C und D.

Bezüglich des Gerätetyps wurde von drei Gruppen Langtubustechnik verwendet.

Technische Daten der verschiedenen Geräte:

Ritter Transdent; 12 mA, 70 kV, in zwei Formen lieferbare Zeitschalter.

Ritter Explorer; 15 mA, schaltbare Spannung 65 bis 90 kV.

Siemens Heliodont 70; 7 mA, 70 kV mit Kaskadenschaltung.

Alle Gruppen benutzten automatische Entwicklungsmaschinen. Als Filme verwendeten zwei Gruppen Dupont-Superdozahn-Film, die anderen Kodak Speed "D".

Als Entwicklungs- und Fixierflüssigkeit verwendete die Klinik Titanol, die Praxis Dürr.

b) Methodik

In dieser Arbeit soll ausgeführt werden, wie sich die Qualität der intraoralen Röntgenaufnahmen aufschlüsselt. Ganz allgemein läßt sich diese Frage mit Hilfe der technischen Qualität, der Detailerkennbarkeit und der Beurteilbarkeit beantworten. Für einige Kriterien, z.B. der Schwärzung, des Kontrastes und der Bildschärfe gelten zwar feststehende mathematische Gesetzmäßigkeiten, aber es gibt keine objektiven Kriterien für die Qualitätsbeurteilung von einer großen Anzahl von intraoralen Bildern. Deshalb ist bei Beurteilung der Bilder eine subjektive Auswertung unentbehrlich, bei der das ärztliche Urteil von entscheidender Bedeutung ist.

Unter diesen Voraussetzungen sollen die eigenen Untersuchungen in zweierlei Richtungen verlaufen.

Vorversuche sollen zunächst einmal herausfinden, ob Unterschiede zwischen den Ergebnissen verschiedener Bewerter bestehen, oder ob es Unterschiede zwischen den Versuchsreihen gibt, die ein Bewerter allein durchführt. Weiterhin sollen die Vorversuche herausfinden, ob sich das Bewertungsformular hinreichend auf die Mehrzahl der verminderten Bildqualitäten erstreckt. Im Hauptversuch soll dann geklärt werden, wie die Qualität von Zahnröntgenaufnahmen zu bewerten ist.

1. Vorversuche

Zunächst einmal wurden 47 intraorale Röntgenbilder nach den in dieser Arbeit benutzten speziellen Kriterien von einem Assistenten beurteilt und wurde im Zeitintervall von fünf Wochen insgesamt dreimal durchgeführt, womit man

herauszufinden versuchte, wie groß Diskrepanzen zwischen der ersten Bewertung und den weiteren bestehen (Intra-Examiner-Variation).

Zum anderen wurden 47 intraorale Röntgenbilder mit denselben Kriterien von fünf Assistenten beurteilt, womit man herausfand, wie groß Diskrepanzen zwischen den Bewertern bestanden (Inter-Examiner-Variation).

Vor der Beurteilungsarbeit wurden in einer Besprechung die zur Beurteilung notwendigen Gesichtspunkte eingehend besprochen. Die Bewerter arbeiteten prinzipiell unter gleichen Bedingungen.

2. Hauptversuche

Die Originalröntgenbilder wurden nach Fallnummern registriert und anhand eines Bewertungsformulars nach Kriterien bewertet. Das Bewertungsformular und die Bewertungskriterien sind auf den Seiten 31 bis 34 abgebildet.

Von fünf verschiedenen Assistenten wurde die Bewertung der Bilder unter identischen Bedingungen durchgeführt. Das Bewertungsformular wurde von jedem einzelnen ohne Rücksicht auf die Anzahl der Bilder ausgefüllt. Die Frage nach der Erfüllung der Kriterien wurde mit Ja oder Nein beantwortet. Einige davon wurden stufenweise mit ++ (optimal bzw. kein Mangel), + (befriedigend), - (noch vertretbar) und -- (unbrauchbar) beantwortet. Hier bedeutet die Antwort ++ und + gleich Ja, die - und -- entspricht dem Nein.

Die Kriterien umfaßten im wesentlichen folgende zu erfragende Punkte: Technische Aufnahmequalität - Filmschwärzung, Filmkontrast, geometrische Schärfe, fehlerhafte Filmbehandlung und Überlagerung -, Projektion - Horizontal- und Vertikalprojektion und Exaktheit der Einblendung -, und Detailzeichnung bzw. Beurteilbarkeit der periapikalen Region, der Knochenstruktur, des Desmodontalspalt, des Limbus alveolaris und der Schmelz-Zement-Grenze.

Abschließend wurden anhand von vorliegenden Ergebnissen Unterschiede der Bildqualität zwischen Klinik und Praxis, Aufnahmetechniken, Einstellungen, Jahrgänge der Bilder sowie zwischen den Zahnbereichen überprüft.

Ich bin meinen Assistenten für ihre kollegiale Mitarbeit zu Dank verpflichtet, ebenso Kollegen und Mitarbeitern von Praxis und Klinik, die mich bei meiner Arbeit unterstützten.

BEWERTUNGSFORMULAR:

Name:	Einstellung: ☐ PAR-Status
Alter:	☐ Zahnstatus
Geschlecht:	☐ Bißflügel.
Datum:	Zahnbereich:
Nummer:	Typ des Gerätes:
	Entwicklungsart:
	☐ automatisch
	☐ halbautomatisch
	☐ manuell
	Filmtyp:
	Chemie:

KRITERIENLISTE

A. TECHNISCHE AUFNAHMEQUALITÄT

	JA		NEIN	
Filmschwärzung				
1. Zu hell				
2. Zu dunkel				
3. Kontrastverhalten	++	+	-	--
4. Geometrische Schärfe				
Fehlerhafte Filmbehandlung				
5. Bei der Filmverarbeitung				
6. Bei der Filmpositionierung				
Überlagerung				
7. Überlagerung Schmelz/Schmelz				
8. Überlagerung Dentin/Dentin				
9. Überlagerung von Wurzeln				

B. PROJEKTION

	JA	NEIN
Horizontale Projektion		
1. Orthoradiale Projektion		
2. Mesialexzentrische Projektion		
3. Distalexzentrische Projektion		
Vertikale Projektion		
4. Zu steile Projektion		
5. Zu flache Projektion		
6. Überlagerung durch den Arcus zygomaticus		
7. Einblendung des Zentralstrahles exakt		

C. DETAILZEICHNUNG UND BEURTEILBARKEIT

	++	+	-	--
1. Periapikale Region				
2. Knochenstruktur				
3. Desmodontalspalt				
4. Limbus alveolaris				
5. Schmelz-Zement-Grenze				
Nebenbefunde	JA		NEIN	
6. Foramina, Canales				
7. Retinierte, verlagerte Zähne				
8. Tumoren, Zysten und Ostitiden				
9. Sonstiges				

Bemerkung: ++ = optimal bzw. kein Mangel

+ = befriedigend

- = noch vertretbar

-- = unbrauchbar

BEWERTUNGSKRITERIEN:

A. TECHNISCHE AUFNAHMEQUALITÄT

1. Mit Ja wurde geantwortet, wenn das Bild dem Augenschein nach zu hell (glasig) bzw. zu dunkel war.
2. Kontrastverhalten
Zeigte das Bild ohne Schleierbildung maximalen Kontrast, so wurde mit "++" registriert. Es wurde normalerweise bejaht, wenn deutliche Schmelz/Dentin-Verhältnisse vorlagen.
3. Geometrische Schärfe
Waren die Konturen der Zähne im Bild scharf begrenzt, so wurde mit "++" registriert.
4. Fehlerhafte Filmbehandlung
Waren auf dem Bild Artefakte wie Flecken, Kratzer, Fingerabdrücke sichtbar oder war der Film verschmutzt, so wurde bezüglich der Filmverarbeitung mit Ja geantwortet.
Waren auf dem Bild Wurzelspitze bzw. Krone abgeschnitten oder war das Bild durch Verbiegung des Filmes verzerrt wiedergegeben, so wurde bezüglich der Filmpositionierung mit Ja geantwortet.
5. Überlagerung
Eine Schmelz/Schmelz-Überlagerung wurde mit Ja beantwortet, wenn in einem Approximalraum eine Schmelzüberlagerung erkennbar war. Reichte die Überlagerung über den Schmelz hinaus bis ins Dentin, wurde beim Punkt "Überlagerung zwischen den Dentin" mit Ja geantwortet. Waren auf dem Bild die zwischen den benachbarten Zähnen überlagerten Wurzeln sichtbar, so wurde mit Ja geantwortet.

B. PROJEKTION

1. Horizontale Projektion
Waren die Zähne im Bereich der approximalen Kontaktpunkte nicht mehr als die Hälfte der Schmelzdicke überlagert, so wurde beim Punkt "Orthoradiale Projektion" mit Ja

geantwortet. Eine mesialexzentrische bzw. distalexzentrische Projektion wurde mit Ja beantwortet, wenn die Zähne im Bereich der approximalen Kontaktpunkte mehr als die Hälfte der Schmelzdicke überlagert und die Zähne im Bild nach mesial bzw. distal verzerrt oder unscharf wiedergegeben waren.

2. Vertikale Projektion

Wichen die Zahnlängen auffällig vom Normbereich ab und erschienen sie zu kurz bzw. zu lang, ergab dies beim Punkt "Zu steile" bzw. "Zu flache Projektion" die Bewertung Ja. War Überlagerung des Arcus zygomaticus auf die Wurzelregionen der Molaren sichtbar, so wurde mit Ja beantwortet.

3. Einblendung des Zentralstrahles exakt

Mit Ja wurde geantwortet, wenn die Blende als "weißlicher Bogen" auf dem Bild sichtbar war.

C. DETAILZEICHNUNG UND BEURTEILBARKEIT

1. War die periapikale Region der interessierenden Zähne gut dargestellt, so wurde mit "++" bewertet.
2. War die Trabekelstruktur des Knochens deutlich sichtbar, so wurde mit "++" registriert.
3. Mit "++" wurde registriert, wenn der Desmodontalspalt entlang der Wurzel als Aufhellungssaum voll erkennbar war.
4. Mit "++" wurde bewertet, wenn der Limbus alveolaris in Interdentalräumen gut sichtbar war.
5. War die Schmelz-Zement-Grenze über die ganze Zahnbreite erkennbar, so wurde ebenfalls mit "++" registriert.
6. Nebenfunde

Waren Foramina, Canales, retinierte und verlagerte Zähne, Tumoren, Zysten und Ostitiden auf dem Bild sichtbar, so wurde mit Ja angekreuzt.

Unter den Punkt "Sonstiges" fielen geprägte Bleifolie, Doppelbelichtung, Konkrement u.ä.

IV. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Alle Befunde wurden statistisch ausgewertet.

Die ermittelten Werte der Irrtumswahrscheinlichkeit wurden mittels eines Computers der Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie errechnet.

In der vorliegenden Arbeit konnten manche in der medizinischen Statistik häufig benutzten Tests, z.B. der t-Test, nicht angewendet werden, weil die dafür notwendigen Voraussetzungen nicht erfüllt waren.

Für die Ermittlung von Unterschieden zwischen den Beobachtern hinsichtlich der Bildqualitätsbeurteilung wurde der Friedman-Test angewendet. Mit Hilfe dieses Tests ist ein Vergleich zwischen abhängigen Stichproben, die nicht normal verteilt sind, möglich.

$$\hat{\chi}_r^2 = \frac{12}{n \cdot k(k+1)} \cdot (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2) - 3n \cdot (k+1)$$

$\hat{\chi}_r^2$ = Prüfgröße

R_k = Rangsumme des ersten, zweiten, ..., k-ten Meßwertes

k = Anzahl der Stichproben

n = Anzahl Versuchsobjekte (= Anzahl der Wiederholungen)

Wenn die Prüfgröße χ_r^2 gleich oder größer als der entsprechende kritische Tabellenwert ist, so ist die Nullhypothese, daß "alle k Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen" abzulehnen.

Das Signifikanz-Niveau α wurde auf $\alpha = 0.05$ festgesetzt.

Weiterhin wurde für die statistische Sicherung der Vierfelder- bzw. Mehrfelder- χ^2 -Test angewandt. Er wird dazu benutzt, um Häufigkeiten, die nur qualitativ aufgegliedert werden können,

statistisch auszuwerten. Es wird eine Signifikanzprüfung mittels der Chi-Quadrat-Methode durchgeführt. Dieser Test prüft, ob eine gefundene Verteilung gesichert von einer zufälligen Verteilung abweicht.

$$\hat{\chi}^2 = \frac{n \cdot (n_1 \cdot \bar{n}_2 - \bar{n}_1 \cdot n_2)}{(n_1 + \bar{n}_1) \cdot (n_2 + \bar{n}_2) \cdot (n_1 + \bar{n}_2) \cdot (\bar{n}_1 + \bar{n}_2)}$$

$\hat{\chi}^2$ = Prüfgröße

n_1 , $\bar{n}_1$, n_2 und $\bar{n}_2$ müssen jeweils größer als 4 sein;

n muß größer als 20 sein.

Die beiden Stichproben müssen unabhängig voneinander sein. Falls bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ die Testgröße $\hat{\chi}^2$ gleich oder größer als der feste Tabellenwert χ_0^2 ist, so ist die Nullhypothese "die beiden Stichproben stammen aus derselben Grundgesamtheit" abzulehnen.

Der Chi-Quadrat-Test gibt nur an, mit welcher Sicherheit ein bestimmter Zusammenhang besteht. Er gibt keine Auskunft über die Stärke der Beziehung und den Kausalzusammenhang (RAMM und HOFFMANN (55)).

Mein Dank gilt Herrn Dipl.-Phys. Dr. G. Hamm, der mir bei der Auswertung der Ergebnisse mit wertvollen Anregungen und fachlicher Hilfe zur Seite stand.

V. ERGEBNISSE

a) Vorversuche

Die 47 intraoralen Röntgenaufnahmen wurden ein Mal von fünf verschiedenen Bewertern und drei Mal von einem Bewerter betrachtet und nach 13 Hauptkriterien ausgewertet. Es konnten alle Kriterien statistisch untersucht werden außer dem Kriterium "Einblendungsexaktheit".

Mit dem Friedman-Test für abhängige Stichproben stellten wir fest, daß bei der Bewertung sowohl keine Unterschiede zwischen den Ergebnissen verschiedener Bewerter zu sichern sind als auch keine Unterschiede zwischen den drei Versuchsreihen, die von einem Bewerter durchgeführt wurden.

Aus Tab. 8 (S. 38) ist das jeweilige kritische α -Niveau zu sehen. In dieser Tabelle sieht man auch, daß die Inter-Examinerzuverlässigkeit etwas niedriger als die Intra-Examinerzuverlässigkeit liegt.

Da keine statistisch zu sichernde Unterschiede vorliegen, kann indirekt geschlossen werden, daß die bei dieser Studie verwendeten Bewertungsfragebogen reproduzierbare Ergebnisse liefern können.

KRITERIEN	STUFEN	N	INTER- EXAMINER	INTRA- EXAMINER
1. Schwärzung	2	47	0.872	0.984
2. Kontrastverhalten	4	47	0.554	0.984
3. Geometrische Schärfe	4	47	0.356	0.984
4. Fehlerh. Filmbehandlung	2	47	0.991	0.984
5. Überlagerung	2	47	0.941	0.984
6. Horizontalprojektion	2	47	0.953	0.984
7. Vertikalprojektion	2	47	0.889	0.984
8. Einblendung exakt	2	47	-	-
9. Periapikal-Region	4	47	0.281	0.554
10. Knochenstruktur	2	47	0.997	0.984
11. Desmodontalspalt	2	47	0.918	0.984
12. Limbus alveolaris	2	47	0.958	0.984
13. Schmelz-Zement-Grenze	2	47	0.929	0.984

Tab. 8: Werte des kritischen α -Niveaus nach dem Friedman-Test (N = Anzahl der Röntgenbilder; Original-Daten befinden sich im Anhang, S. 89 - 95).

Bei allen Auswertungen wurde mit dem Mehr- bzw. Vierfelder- χ^2 -Test überprüft, ob zwischen den fünf Bewertern hinsichtlich bestimmter Kriterien Unterschiede zu sichern sind. Ebenso wurden Unterschiede zwischen Klinik und Praxis untersucht.

In der Abb. 1 (S. 39) zeigt sich bezüglich aller Kriterien eine Häufigkeit der als unannehmbar bewerteten Bilder aufgliedert auf fünf Bewerter und deren Mittelwerte. Über den Säulen ist der Prozentsatz der Bilder mit mangelhafter Qualität angegeben.

b) Hauptversuche

In den folgenden Aufzeichnungen haben wir die von den gesamten Röntgenbildern erstellten Bildqualitäten nach verschiedenen Kriterien ausgewertet. Dazu gehören: technische Qualität, Projektion und Detailzeichnungen und Beurteilbarkeit. Zusätzlich wurden bezüglich der Aufnahmetechnik, der Einstellung, des Filmtypes, des Jahrganges und der Zahnbereiche die Qualität der Bilder miteinander verglichen.

Technische Qualität

1. Schwärzung

Die Schwärzung wurde in "zu hell" und "zu dunkel" unterteilt. Zwischen den verschiedenen Bewertern besteht augenscheinlich ein großer Unterschied.

Interessant ist, daß bezüglich der Schwärzung unterteilt in "zu hell/zu dunkel + gut" ein signifikanter Unterschied ($p \geq 0$) zwischen den Bewertern besteht, während kein Unterschied ($p \geq 0.375$) zwischen den Bewertern in Bezug auf die Schwärzung unterteilt in "zu dunkel/zu hell + gut" besteht (siehe Tab. 9, S. 56).

Die Verteilung in der Übersicht in Abb. 1 (S. 39) ist durch das Auftreten relativ großer unterschiedlicher Werte zwischen 27.7 % und 11.8 % gekennzeichnet, welche im Testergebnis dann auch signifikante Unterschiede ergibt. Bezüglich der Verteilungsmengen der gesamten Röntgenaufnahmen ergab sich folgendes Bild: durchschnittlich 82.6 % sind gut, 13.4 % zu hell und 4.0 % zu dunkel.

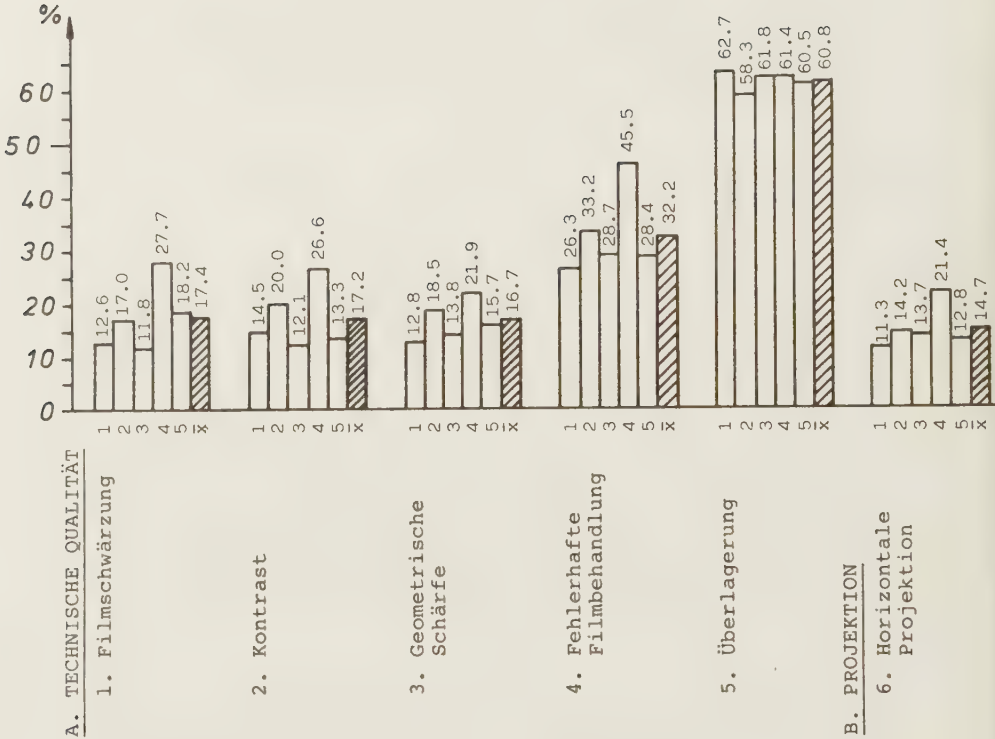


Abb. 1: In der folgenden Abbildung wird dargestellt, wieviel Prozent der Röntgenbilder als nicht annehmbar bewertet worden sind. Da viele Bilder jedoch gleichzeitig mehrere Qualitätsmängel aufwiesen, ergeben sich bei der Addition der prozentual ausgedrückten Häufigkeiten mehr als 100 %.



Abb. 1

Es handelt sich bei Abb. 2 um ein Häufigkeitsdiagramm. Die Zahl in den Säulen gibt an, wie viele Bilder in die jeweilige Kategorie (gut, zu hell, zu dunkel) fallen. Es fällt in der Abb. 2 auf, daß der Bewertung der Klinikbilder die Werte des Kriteriums "zu hell" von dem Bewerter Assistent 4 deutlich über den anderen liegen. Noch augenfällig sind auch die Werte von Assistent 5 bei der Bewertung der Klinikbilder bezüglich der Schwärzung "zu hell".

Aus Tab. 10 (S. 60) ersieht man, daß die Bilder bezüglich der Schwärzung von den Bewertern in der Mehrzahl als "zu hell" im Vergleich zu "zu dunkel" beurteilt wurden.

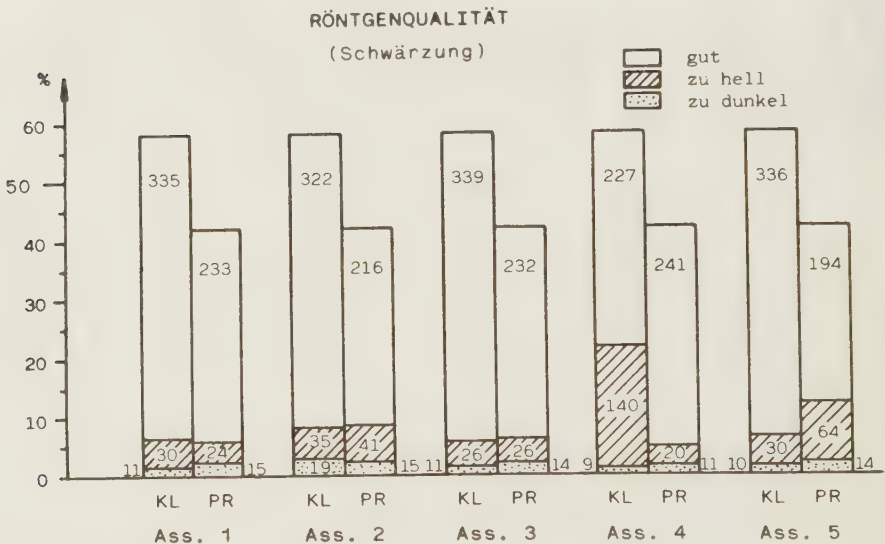


Abb. 2: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

2. Kontrastverhalten

Bei der Bewertung wurden vier Stufen benutzt, nämlich "optimal", "befriedigend", "noch vertretbar" und "unbrauchbar". Bei der Auswertung wurden in zweifacher Weise die Werte berücksichtigt; einmal mit entweder Ja oder Nein, zum anderen mit den o.g. vier Antworten. Wie schon bei der Besprechung der Methodik erwähnt wird, bedeutet die Antwort "optimal" und "befriedigend" gleich Ja, die "noch vertretbar" und "unbrauchbar" entspricht dem Nein.

Zwischen den Bewertern besteht auch hier ein signifikanter Unterschied gemäß dem Mehrfelder- χ^2 -Test (5 Assistenten x Schwärzung in 2 Stufen, $p \geq 0$).

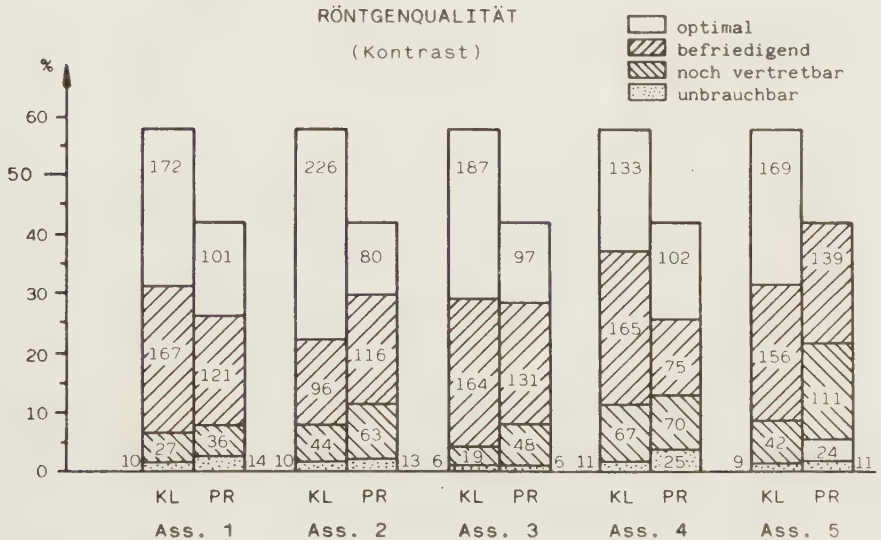


Abb. 3: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

Aus Abb. 1 (S. 39) sind die Anzahl und der Prozentsatz der Bilder mit mangelhafter Qualität abzulesen. Es zeigt sich ein ähnlicher Prozentsatz wie bei der "Schwärzung".

Der nicht annehmbar bewertete Prozentsatz der Bilder liegt zwischen 26.6 % und 12.1 % (durchschnittlich 17.2 %). Bezüglich der Verteilungsmengen der gesamten Bilder ergab sich folgendes Bild: im Durchschnitt sind 44.0 % optimal, 38.8 % befriedigend, 13.7 % noch vertretbar und 3.5 % unbrauchbar.

In Abb. 3 (S. 42) fällt auf, daß die Werte bezüglich der Kriterien "noch vertretbar" und "unbrauchbar" von den Assistenten 2 und 4 über denen der anderen liegen.

Die Verteilung der Werte nach der Antwort Ja/Nein ist geringer im Unterschied als die in den vierstufigen Antworten.

3. Geometrische Schärfe

Hierbei wurden wie bei dem Kriterium Kontrast auch Gelegenheit zu einer vierstufigen Antwort gegeben.

Mit dem Mehrfelder- χ^2 -Test (5 Assistenten $\times$ Schärfe in zwei Stufen) stellten wir fest, daß bei der Bewertung der Schärfe mindestens ein Bewerter im Vergleich zu den anderen die Bilder anders beurteilt ($p \geq 0$).

Aus Abb. 4 (S. 44) lassen sich die unterschiedlichen Bewertungspunkte zwischen den Bewertern ersehen.

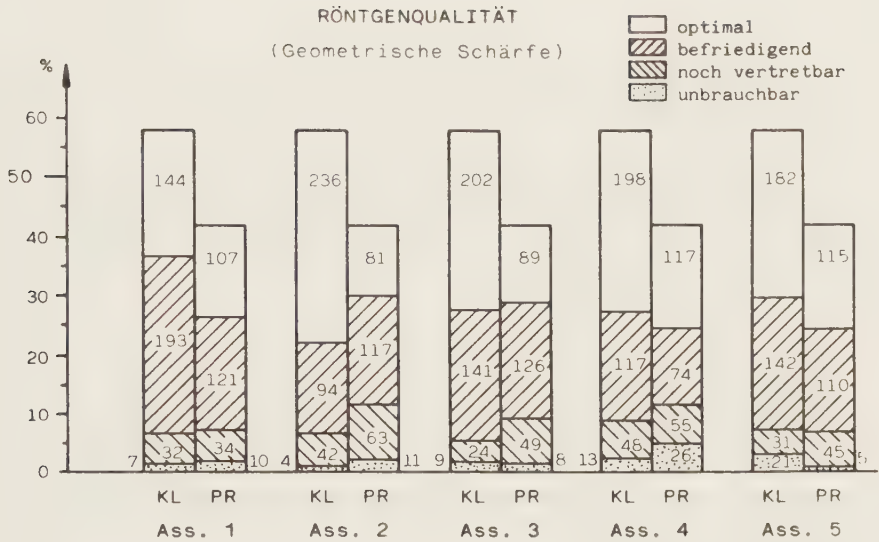


Abb. 4: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

Aus Abb. 1 (S. 39) ist ersichtlich, daß der Prozentsatz der Bilder mit mangelhafter Qualität zwischen 21.9 % und 12.8 % ist und im Durchschnitt bei 16.7 % liegt. Er zeigt bezüglich des Qualitätsmangels eine ähnliche Tendenz wie die beiden obigen Kriterien.

Hinsichtlich der Verteilungsmengen ergab sich folgendes Bild: Durchschnittlich 48.2 % zeigen keinen Mangel, 35.1 % sind befriedigend, 13.2 % noch vertretbar und 3.5 % unbrauchbar. Es fällt in Abb. 4 auf, daß die Werte bezüglich der Kriterien "noch vertretbar" und "unbrauchbar" der Assistenten 2 und 4 etwas höher als die der anderen liegen. Die Verteilung der Werte nach der Antwort Ja/Nein ist geringer im Unterschied als die in den vierstufigen Antworten.

4. Fehlerhafte Filmbehandlung

Hier wurde unterteilt in Fehler bei der Verarbeitung und Fehler bei der Filmpositionierung.

Zwischen den verschiedenen Bewertern besteht sowohl in Bezug auf die Fehler bei der Verarbeitung als auch auf die Fehler bei der Filmpositionierung ein signifikanter Unterschied im Mehrfelder- χ^2 -Test (5 Assistenten x fehlerhafte Filmbehandlung in 2 Stufen, $p \geq 0$).

Der Prozentsatz der als nicht annehmbar bewerteten Bilder liegt zwischen 45.5 % und 25.3 % und beträgt im Durchschnitt 32.2 %, von denen 12.0 % auf die Fehler bei der Verarbeitung und 20.0 % auf die Fehler bei der Filmpositionierung entfallen sind.

Aus Abb. 5 ersieht man, daß die Werte von Assistent 4 besonders hoch sind.

Im Vergleich zu den übrigen Kriterien zeigt dieser Qualitätsmangel den zweitgrößten Prozentsatz aller Fehlerquellen.

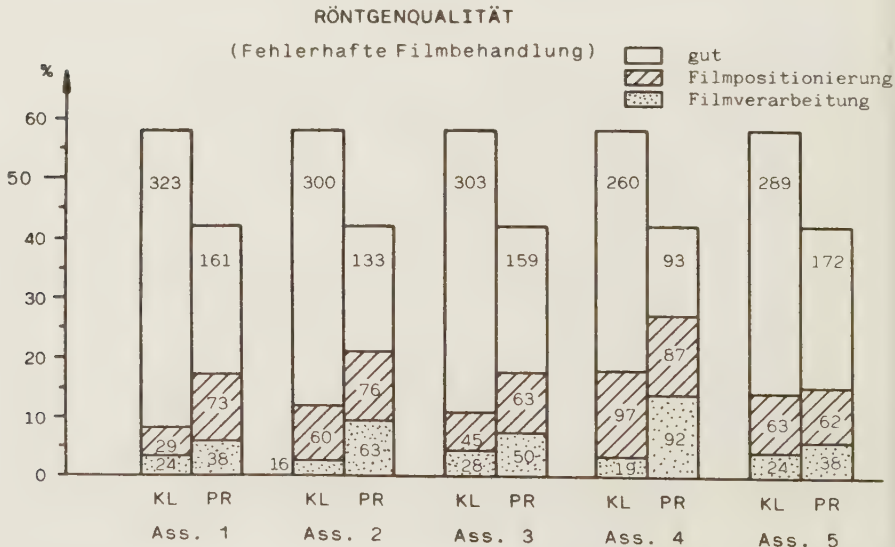


Abb. 5: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

5. Überlagerung

Hierbei wurde in drei Teilkriterien unterteilt, nämlich in Überlagerung Schmelz/Schmelz, Dentin/Dentin und Wurzeln.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Bewertern bezüglich des Qualitätsmangels der Bilder konnte im Mehrfelder- χ^2 -Test nicht nachgewiesen werden (5 Assistenten x Überlagerung in 2 Stufen, $p \geq 0.504$).

Aus Abb. 1 (S. 39) ist zu ersehen, daß die Bilder bezüglich Überlagerung ziemlich gleichmäßig von den verschiedenen Bewertern beurteilt wurden.

Im Vergleich zu den insgesamt bewerteten Bildern, von denen im Durchschnitt 60.8 % Qualitätsmängel aufzeigen, entfallen: 40.4 % auf die Überlagerung Schmelz/Schmelz, 12.4 % auf die Überlagerung Dentin/Dentin und 8.0 % auf die Überlagerung von Wurzeln.

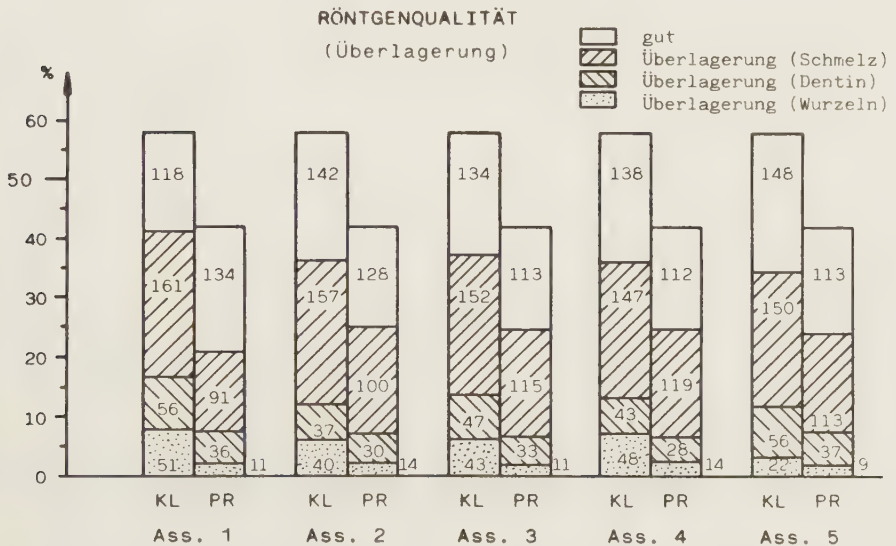


Abb. 6: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

Projektion

6. Horizontale Projektion

Sie wurde unterteilt in die mesialexzentrische und die distaalexzentrische Projektion.

Zwischen den verschiedenen Bewertern besteht ein signifikanter Unterschied bei der Bewertung im Mehrfelder- χ^2 -Test (5 Assistenten x Projektion (mesial- bzw. distaalexzentrische/orthoradial), $p \geq 0$).

Der Prozentsatz der als unannehmbar bewerteten Bilder liegt zwischen 21.4 % und 11.3 %. Der Mittelwert der verschiedenen Versuchspersonen beträgt 14.7 %. Interessant ist, daß der Prozentsatz bei der mesialexzentrischen Projektion mit 11.7 % auffällt, während bei der distaalexzentrischen Projektion durchschnittlich nur 3.0 % aller Bilder Qualitätsmängel zeigten, also etwa ein Viertel von dem vorigen beträgt.

Wie die Verteilungsabbildung zeigt, liegen die Werte hinsichtlich des Qualitätsmangels von Assistent 4 über den anderen.

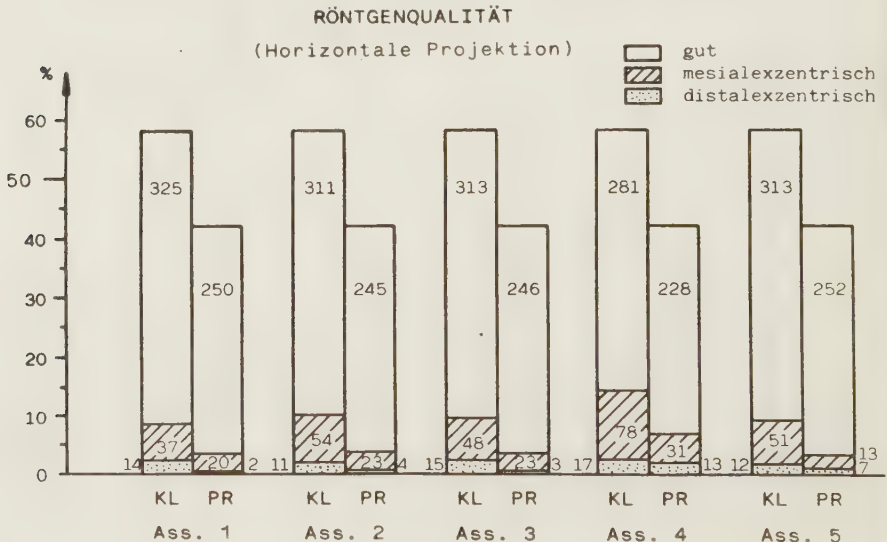


Abb. 7: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

7. Vertikale Projektion

Hierbei wurde in drei Teilkriterien unterteilt; diese sind "zu steil", "zu flach" und "Überlagerung durch den Arcus zygomaticus".

Aus Abb. 1 (S. 39) ist ersichtlich, daß im Durchschnitt 14.8 % aller Bilder mit Qualitätsmängeln betrachtet werden, also fast die gleiche Qualitätsmangelfrequenz wie bei der horizontalen Projektion.

Bezüglich der Verteilungsmengen der als unannehmbar bewerteten Bilder ergab sich folgende Reihenfolge: durchschnittlich 5.8 % waren "zu steil", 5.6 % "zu flach" und 3.3 % überlagerten sich durch den Arcus zygomaticus.

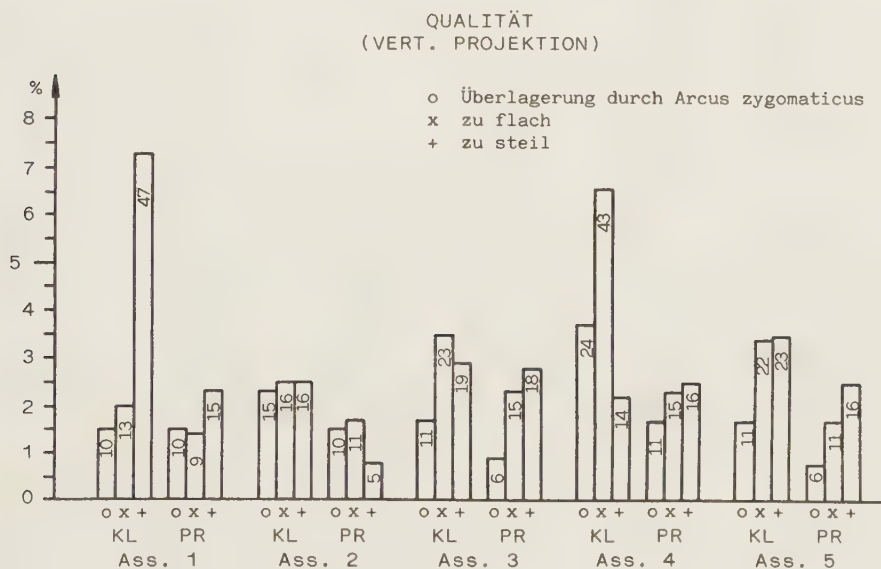


Abb. 8: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten unannehmbar bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis

8. Einblendungsexaktheit

Wie die Abb. 1 (S. 39) und Abb. 8 (S. 48) zeigten, zeigten sich diese Qualitätsmängel im Bild am geringsten; das sind im Durchschnitt 3.1 %.

Wegen der Einfachheit des Bewertungskriteriums läßt sich ein fast gleicher Bewertungsmaßstab ersehen.

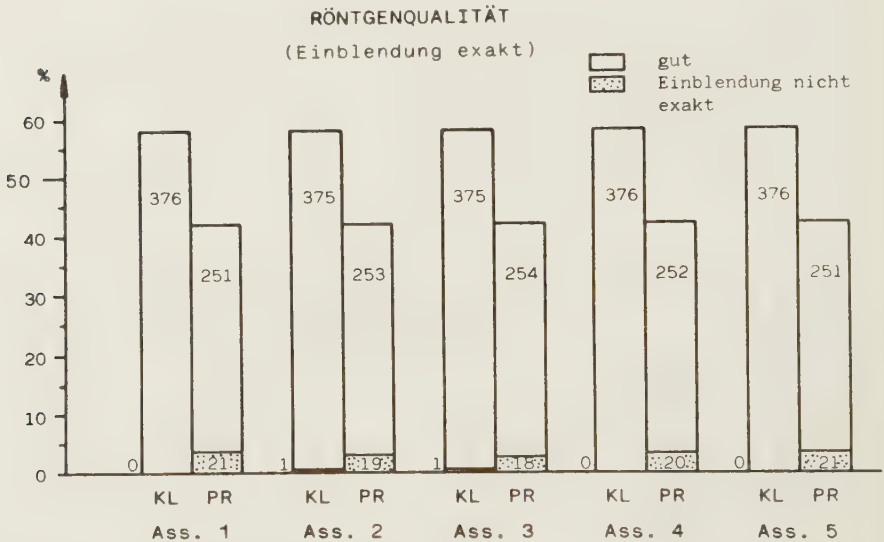


Abb. 9: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

9. Periapikale Region

Wie in Abb. 1 (S. 39) und Abb. 10 gezeigt, erscheint hierbei ein ziemlich hoher Qualitätsmangel. Er liegt zwischen 27.8 % und 18.8 %, im Durchschnitt also 22.9 %.

Bezüglich der Verteilungsmengen der gesamten Bilder ergab sich folgendes Bild: durchschnittlich 42.8 % sind optimal, 34.3 % befriedigend, 14.2 % noch vertretbar und 8.7 % gar nicht brauchbar. In Abb. 10 fällt auf, daß die Werte zweier Bewerter (Assistenten 2 und 4) etwas über den anderen liegen.

Die Verteilung der Werte nach der Antwort Ja/Nein ist geringer im Unterschied als die in den vierstufigen Antworten.

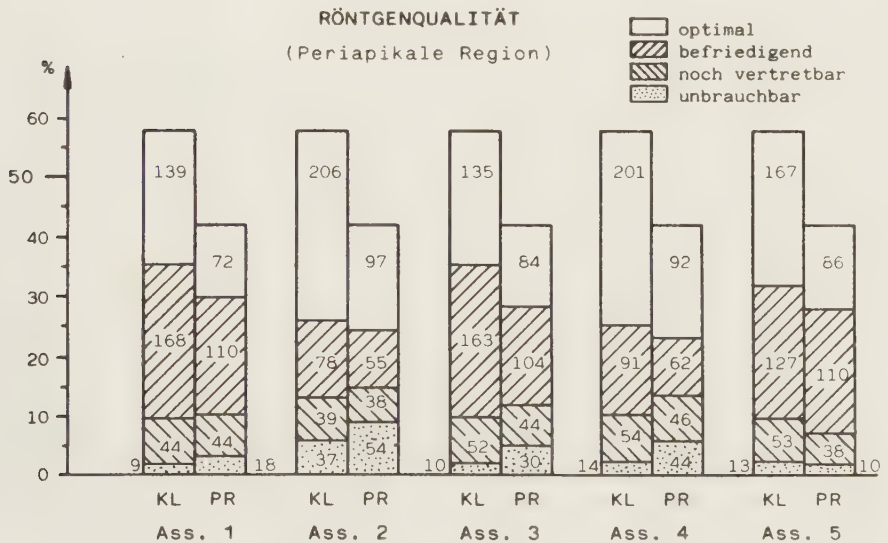


Abb. 10: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

10. Knochenstruktur

Nach diesem Kriterium wurde von den Bewertern im Durchschnitt 52.0 % als optimal angegeben, 33.5 % als befriedigend, 9.7 % als noch vertretbar und 4.8 % als gar nicht brauchbar. Für die Bilder mit mangelhafter Qualität variieren die Werte zwischen 20.8 % und 10.7 % (im Durchschnitt 14.5 %).

Aus Abb. 1 (S. 39) und Abb. 11 ist ersichtlich, daß hier im Vergleich zu den anderen Kriterien etwas weniger Qualitätsmängel zu betrachten waren.

Ein Extremwert eines Bewerbers läßt sich auch ersehen.

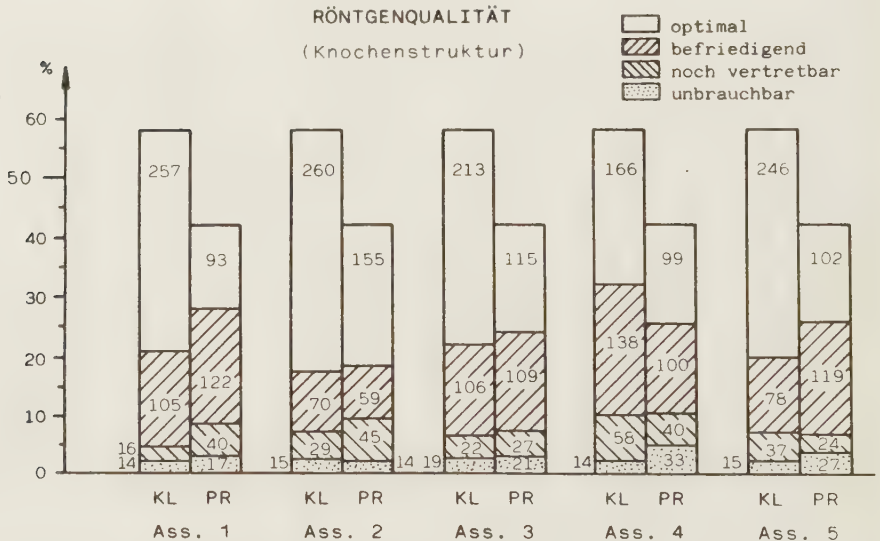


Abb. 11: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

11. Desmodontalspalt

Mit der Detailzeichnung des Desmodontalspaltes wurden durchschnittlich 43.2 % als optimal, 35.5 % als befriedigend, 16.1 % als noch vertretbar und 5.2 % als unbrauchbar bewertet.

Der Prozentsatz des Qualitätsmangels liegt zwischen 27.1 % und 17.3 %, im Durchschnitt 21.3 %.

Dem Augenschein nach sind die Extremwerte von zwei Bewertern (Assistenten 3 und 4) auffällig.

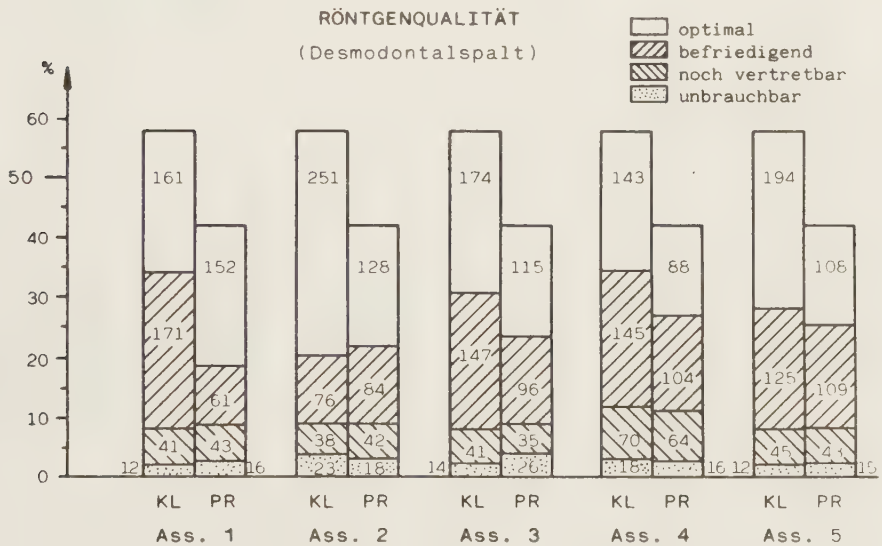


Abb. 12: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

12. Limbus alveolaris

Die Sichtbarkeit des Limbus alveolaris wurde im Durchschnitt bei 51.8 % als optimal angegeben, bei 32.4 % als befriedigend, bei 12.3 % als noch vertretbar und bei 3.5 % als gar nicht brauchbar.

Der Prozentsatz der als nicht annehmbar bewerteten Bilder variiert zwischen 19.8 % und 12.3 %, also durchschnittlich 16.3 %.

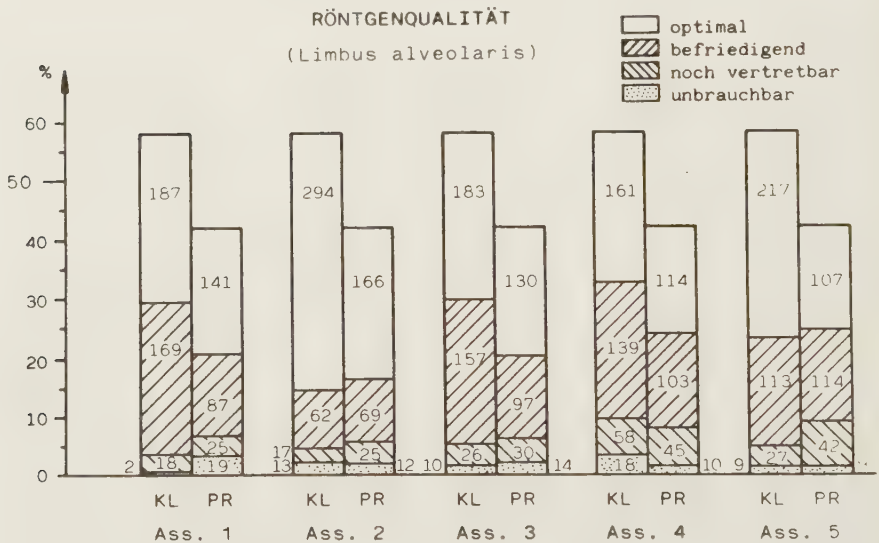


Abb. 13: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

13. Schmelz-Zement-Grenze

Sie wurde bei durchschnittlich 45.4 % aller Bilder als optimal betrachtet, gefolgt von befriedigend mit 38.3 %, noch vertretbar mit 12.6 % und unbrauchbar mit 3.7 %.

Aus Abb. 1 (S. 39) ist ersichtlich, daß die Schmelz-Zement-Grenze bei rund 16.3 % aller Bilder als nicht gut zu betrachten ist.

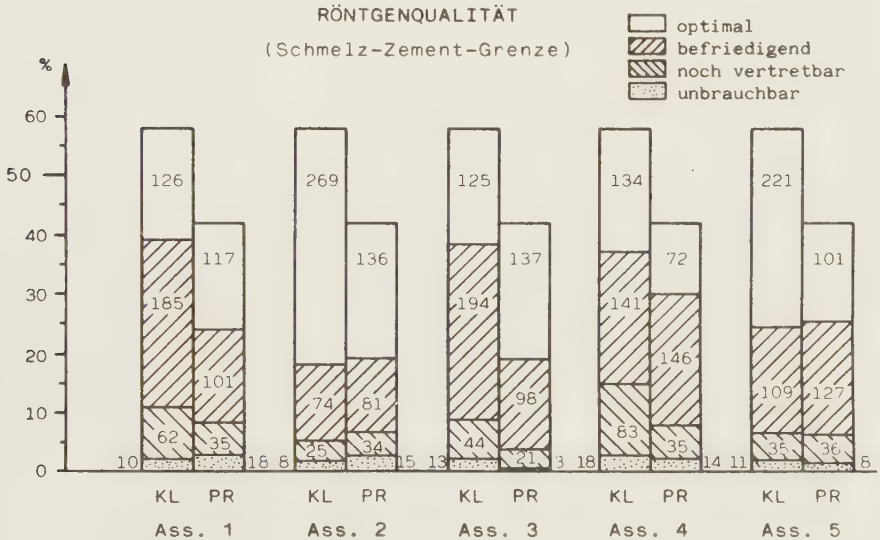


Abb. 14: Anzahl und Prozentsatz der von 5 Assistenten bewerteten Röntgenbilder. KL = Klinik, PR = Praxis. N (Anzahl der gesamten Bilder) = 648

Nebenbefunde

Bezüglich der Canalis und Foramina konnten durchschnittlich 16.2 % aller Bilder betrachtet werden.

Hinsichtlich der retinierten und verlagerten Zähne wurden im Durchschnitt 4.3 % aller Bilder mit Ja beantwortet.

Tumoren, Zysten und Ostitiden waren bei durchschnittlich 3.8 % aller Bilder zu betrachten.

Unter dem Kriterium "Sonstiges" betrachtete man meistens Konkremente. Ein paar Bilder wurden verkehrt eingelegt.

Vergleich zwischen Klinik und Praxis

Bei allen Kriterien wurden statistische Vergleiche zwischen Klinik und Praxis berechnet.

Bei den meisten Kriterien konnten signifikante Unterschiede zwischen den Klinik- und Praxisbildern ermittelt werden (siehe Tab. 9, S. 56). Keine signifikanten Unterschiede bestehen nur bei der Schwärzung (zu dunkel/gut + zu hell), der vertikalen Projektion (gut/schlecht) und der Schmelz-Zement-Grenze (gut/schlecht).

In Bezug auf Überlagerungen (ja/nein) und horizontale Projektion (ja/nein) sind die Klinikbilder fehlerhafter als die Praxisbilder. Bei den anderen Kriterien wurde gezeigt, daß die Bilder von den Praxen mangelhafter als die von der Klinik waren.

VERGLEICHSKRITERIEN		Zwischen den Bewertern p ≥	Zwischen Klinik und Praxis p ≥
1. Schwärzung	(gut/schlecht)	0.00000	0.00000
a) zu hell/gut + zu dunkel		0.00000	0.00000
b) zu dunkel/gut + zu hell		0.37572	0.24372
2. Kontrast	(gut/schlecht)	0.00000	0.00000
3. Geometrische Schärfe	(gut/schlecht)	0.00001	0.00001
4. Fehlerhafte Filmbehandlung	(gut/schlecht)	0.00545	0.00000
a) Verarbeitung	(gut/schlecht)	0.00050	0.00006
b) Filmpositionierung	(gut/schlecht)	0.00000	0.00000
5. Überlagerung	(ja/nein)	0.50448	0.00000
a) Schmelz	(ja/nein)	0.86234	0.00000
b) Dentin	(ja/nein)	0.10126	0.00046
c) Wurzeln	(ja/nein)	0.00639	0.00658
6. Horizontalprojektion	(ja/nein)	0.00000	0.00000
a) mesialexzentrisch	(ja/nein)	0.00007	-
b) distaalexzentrisch	(ja/nein)	0.10572	-
7. Vertikalprojektion	(ja/nein)	0.00025	0.12049
a) zu steil	(ja/nein)	0.00000	-
b) zu flach	(ja/nein)	0.00077	-
c) Überlagerung durch Arc. z. (ja/nein)		0.00812	-
8. Einblendung exakt	(ja/nein)	-	-
9. Periapikale Region	(gut/schlecht)	0.00000	0.00000
10. Knochenstruktur	(gut/schlecht)	0.00000	0.00000
11. Desmodontalspalt	(gut/schlecht)	0.00000	0.00004
12. Limbus alveolaris	(gut/schlecht)	0.00003	0.00007
13. Schmelz-Zement-Grenze	(gut/schlecht)	0.00000	0.66439

Tab. 9: Die Werte des Irrtumswahrscheinlichkeitsniveaus nach dem Vierfelder- bzw. Mehrfelder- χ^2 -Test.

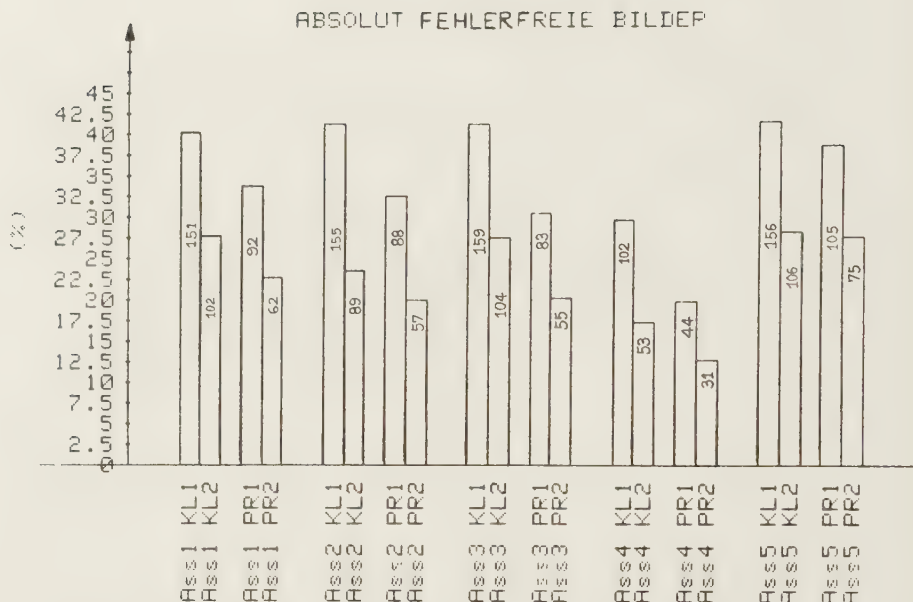


Abb. 15: Anzahl und Prozentsatz der fehlerfreien Röntgenbilder.
 KL = Klinik, PR = Praxis
 1 = Fehlerfreie Bilder in Bezug auf gewisse Kriterien
 (ohne das Kriterium "Überlagerung Schmelz/Schmelz").
 2 = Fehlerfreie Bilder in Bezug auf alle Kriterien.

Fehlerfreie Bilder

Wie in Abb. 15 gezeigt, liegt der Prozentsatz der fehlerfreien Bilder zwischen 27.9 % und 15.1 % und beträgt im Durchschnitt 23.1 %.

Da die Überlagerung Schmelz/Schmelz oft unvermeidbar ist, wurden hier außer diesem Kriterium die fehlerfreien Bilder berücksichtigt. Dies liegt zwischen 40.2 % und 24.7 %, durchschnittlich 35.4 %.

Zwischen Klinik und Praxis besteht bezüglich des Kriteriums "Fehlerfreie Bilder" ja/nein ein signifikanter Unterschied gemäß dem Vierfelder- χ^2 -Test ($p \geq 0.005$).

Nebenergebnisse

1. Aufnahmetechnik

In Bezug auf die Projektion (gut/schlecht) und Filmpositionierung (gut/schlecht) wurde ein Unterschied der Bildqualität zwischen Parallel- und Halbwinkeltechnik überprüft.

Mit dem Vierfelder- χ^2 -Test stellten wir fest, daß die sogenannte Halbwinkeltechnik häufiger Fehler bei der Herstellung der Bilder verursacht als die Paralleltechnik ($p \geq 0.02$, siehe Tab. 10, S. 60).

2. Einstellung

Hierbei wurde bezüglich der Filmpositionierung (gut/schlecht), der Überlagerung (ja/nein) und der Horizontalprojektion (ja/nein) ein Unterschied der Bildqualität zwischen Status und Bißflügelaufnahme überprüft.

Es konnten mit dem Vierfelder- χ^2 -Test für die Variablen: Filmpositionierung ($p \geq 0.862$), Überlagerung Dentin/Dentin ($p \geq 0.175$) und Horizontalprojektion ($p \geq 0.303$) keine Unterschiede gesichert werden, während bezüglich der Überlagerung Schmelz/Schmelz ($p \geq 0$) ein Unterschied besteht (siehe Tab. 10, S. 60).

3. Filmtyp

Mit unseren Ergebnissen wurde in Bezug auf die Schwärzung gut/schlecht ($p \geq 0$) und auf das Kontrastverhalten gut/schlecht ($p \geq 0.005$) ein Unterschied zwischen zwei verschiedenen Filmtypen (Kodak Speed D/Du Pont Superdozahn) überprüft.

Interessanterweise konnten signifikante Unterschiede zwischen beiden Filmen ermittelt werden (siehe Tab. 10, S. 60).

4. Jahrgang des Röntgenbildes

Zwischen den Bildqualitäten (gut/schlecht) der Jahre 1978, 1980 und 1982 ergibt sich im Mehrfelder- χ^2 -Test ein signifikanter Unterschied in Bezug auf drei Hauptkriterien, nämlich technische Qualität, Projektion und Detailzeichnung bzw. Beurteilbarkeit ($p \geq 0$).

Vergleichsbedingungen	Kriterien (gut/schlecht)	N	p $\geq$
1. AUFNAHMETECHNIK: (Langtubus/Kurztubus)	Horizontalprojektion	Langtubus (= 2955)	0.02143
	Vertikalprojektion	Kurztubus (= 285)	0.00070
	Einblendung exakt		0.00000
	Filmpositionierung		0.00000
2. EINSTELLUNG: (Staten/Bißflügelaufnahme)	Filmpositionierung	Status (= 895)	0.86177
	Überlagerung (Schmelz)		0.00000
	Überlagerung (Dentin)	Bißflügelaufnahme	0.17532
	Horizontalprojektion	(= 140)	0.30306
3. FILMTYP: (Superdozahn/Kodak Speed D)	Schwärzung	Superdozahn (= 1565)	0.00005
	Kontrastverhalten	Kodak (= 235)	0.00463
4. JAHRGANG: (im Jahre 1978, 1980, 1982)	Technische Qualität	1978 (= 1605)	0.00000
	Projektion	1980 (= 1740)	0.00000
	Detailzeichnung	1982 (= 945)	0.00000
5. ZAHNBEREICH (Bildqualität): (gut/schlecht)	Oberkiefer/Unterkiefer	O.K. (= 1535)	0.00000
	O.K. Molar/U.K. Molar	U.K. (= 1485)	0.00173
	Rechts/Links	Rechts (= 1630)	0.84372
	O.K. Molar/O.K. Eckzahn	Links (= 1610)	0.22996
	O.K. Eckzahn/O.K.Frontz.	O.K. Molar (= 540)	0.51748
	O.K.Präm./O.K.Eckzahn	U.K. Molar (= 535)	0.00000
		O.K.Eckzahn (= 335)	
		O.K.Prämolar (= 475)	
		O.K.Frontzahn (= 185)	
6. FEHLERFREIE RÖNTGENBILDER: (ja/nein)	Klinik/Praxis	Klinik (= 1880)	0.00545
		Praxis (= 1360)	

Tab. 10: Werte des Irrtumswahrscheinlichkeitsniveaus (= p) nach dem Vierfelder- bzw. Mehrfelder- χ^2 -Test.
(O.K. = Oberkiefer, U.K. = Unterkiefer,
N = Bildanzahl der Stichproben)

5. Zahnbereich

Hier wurde untersucht, in welchem Zahnbereich am häufigsten unannehmbar Bilder produziert wurden. Die Aufteilung der unannehmbaren Bilder in Bezug auf die verschiedenen Zahnbereiche geben Abb. 16 (S. 62) und Tab. 11 (S. 63) wieder.

Es ist zu ersehen, daß der Oberkiefer stärker als der Unterkiefer und der Molarenbereich des Oberkiefers am stärksten betroffen sind. Werden diese Werte in Prozent umgerechnet, so ergibt sich, daß 65.7 % der Bildfehler auf den Oberkiefer und 34.3 % auf den Unterkiefer entfallen.

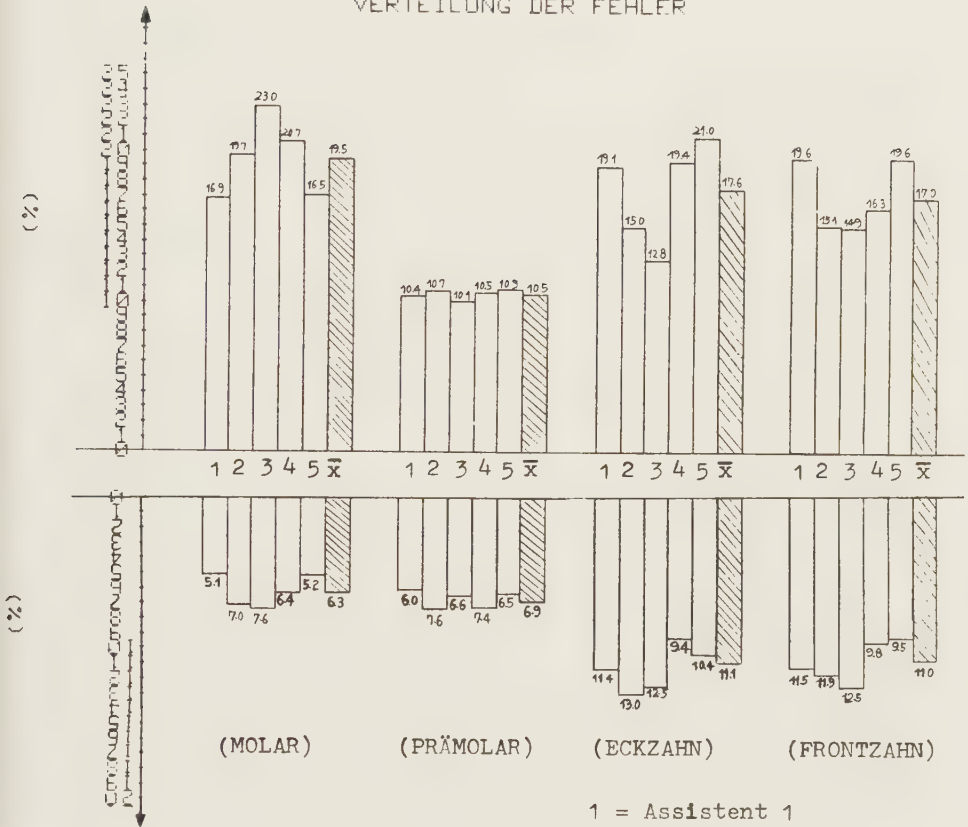
Die Reihenfolge und prozentuale Häufigkeit von Bildqualitätsmängeln der einzelnen Zahnbereiche im Ober- und Unterkiefer ist Tab. 11 (S. 63) zu entnehmen. Dabei fällt auf, daß hinsichtlich der Bildqualität zwischen Oberkiefer und Unterkiefer sowie zwischen Molaren im Oberkiefer und Molaren im Unterkiefer ein wesentlicher Unterschied durch den Vierfelder- χ^2 -Test zu sichern ist ($p \geq 0$, $p \geq 0.001$). Der Eckzahn weist eine höhere Frequenz von Bildqualitätsmängeln auf als der Prämolare im Ober- und Unterkiefer.

Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Bildqualität zwischen Molaren- und Eckzahnbereich (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0.230$) sowie zwischen Eckzahn- und Frontzahnbereich (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0.517$) konnte nicht nachgewiesen werden (siehe Tab. 10, S. 60).

Zwischen Prämolaren- und Eckzahnbereichen im Oberkiefer besteht hinsichtlich der Bildqualität ein Unterschied ($p \geq 0$).

Ein signifikanter Unterschied in der Bildqualität zwischen rechter und linker Seite des Kiefers konnte nicht nachgewiesen werden (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0.843$).

VERTEILUNG DER FEHLER



- 1 = Assistent 1
- 2 = Assistent 2
- 3 = Assistent 3
- 4 = Assistent 4
- 5 = Assistent 5
- $\bar{x}$ = Mittelwert von 5 Assistenten

Abb. 16: Verteilung der als unannehmbar bewerteten Röntgenbilder auf die verschiedenen Zahnbereiche der Häufigkeit nach.

KRITERIEN	OBERKIEFER				UNTERKIEFER				Biß- flü- gel	SUM- ME	REL. Häu- fig- keit in %
	M	P	E	F	M	P	E	F			
TECHNISCHE QUALITÄT											
1. Schwärzung	35	15	11	9	10	10	8	6	9	113	17.4
2. Kontrast	38	12	11	12	7	7	8	5	12	112	17.2
3. Schärfe	38	12	8	13	8	5	5	5	14	108	16.7
4. Fehlerh. Behandlg.	41	29	21	12	30	22	15	13	25	208	32.2
5. Überlagerung	77	60	57	22	31	42	37	32	6	394	60.8
PROJEKTION											
6. Horiz. Projektion	9	9	27	5	2	13	10	9	11	95	14.7
7. Vertik. Proj.	40	16	10	10	7	3	1	6	3	96	14.8
8. Einblendung	5	3	2	2	2	2	3	1	-	20	3.1
DETAILZEICHNUNG UND BEURTEILBARKEIT											
9. Periapik. Region	42	16	22	11	19	12	7	9	-	138	22.9
10. Knochenstruktur	29	8	14	8	3	4	7	7	14	94	14.5
11. Desmodontalspalt	46	13	21	13	9	5	5	7	18	138	21.3
12. Limbus alveolaris	32	14	26	8	6	4	2	1	9	102	15.8
13. S-Z-Grenze	30	16	20	10	5	3	4	5	13	106	16.3
SUMME DER FEHLER	462	223	250	133	139	135	111	106	165	1724	-
ANZAHL DER BILDER	108	95	67	37	107	95	48	47	47	648	-
HÄUFIGKEIT (RELATIV) IN %	17.1	9.4	15.0	14.4	5.2	5.7	9.2	9.0	15.0	-	-

Tab. 11: Verteilung der Anzahl der als unannehmbar bewerteten Bilder auf die verschiedenen Zahnbereiche und deren Kriterien. (Die hier ermittelten Zahlen sind Mittelwerte von fünf verschiedenen Bewertern. M = Molar, P = Prämolare, E = Eckzahn, F = Frontzahn.)

VI. DISKUSSION UND EMPFEHLUNGEN

In der Literatur findet man trotz vielfältiger Fehlersammlungen bei Röntgenbildern nur wenige vergleichbare Erhebungen über die Qualität der intraoralen Röntgenaufnahmen.

Bei einem subjektiven Überblick über die an eine Versicherung gesandten intraoralen Röntgenbilder zeigte sich, daß bezüglich der technischen Fehler mindestens die Hälfte davon unterdurchschnittliche Bildqualität hatten (BEIDEMAN et al. (7)). Eine Studie von RIFKIN (58) wies sogar darauf hin, daß 41.5 % der an ein Krankenhaus geschickten Röntgenbilder diagnostisch nicht verwertbar waren.

Einige Autoren wie BEIDEMAN (6), GRÖNDAHL (34), LERVIK (43) und ZAPPA et al. (93) untersuchten die Qualität der intraoralen Röntgenaufnahmen nach speziellen Bewertungskriterien. Unabhängig von den bei der Bewertung benutzten Kriterien zeigten ihre Ergebnisse, daß 50 % bis 75 % der untersuchten Bilder Qualitätsmängel aufwiesen.

Den Untersuchungen von BEIDEMAN und GRÖNDAHL, die sich ebenfalls mit den an eine Versicherung geschickten Röntgenbildern befaßten, folgten Nachuntersuchungen (8, 35). Bei ihren letzten Untersuchungen zeigten 50 % bis 70 % der gesamten Bilder eine einwandfreie diagnostische Bildqualität.

In der letzten Zeit beurteilten ZAPPA et al. nach ähnlichen Kriterien systematisch die Qualität der intraoralen Röntgenaufnahmen. Ihre Resultate zeigten eine im allgemeinen gute Bildqualität auf. Die Gründe für die verminderte Qualität lagen hauptsächlich in ungenügender Filmschwärzung, schlechter Filmpositionierung sowie im Durchbiegen des Films.

Im Vergleich zu den o.g. Publikationen zeigen unsere Ergebnisse abgesehen von verwendeten Bewertungskriterien und individuell bedingten Einflußfaktoren, zwar bei einzelnen Kriterien im allgemeinen eine gute Bildqualität, doch die Anzahl der fehlerfreien Bilder ist noch nicht befriedigend, also mindestens 60 % der gesamten Bilder haben einen oder mehrere Qualitätsmängel gezeigt.

Die drei hauptsächlich in der vorliegenden Studie vorkommenden Bildqualitätsmängel sind Überlagerungen, fehlerhafte Filmbehandlung und ungenügende Abbildung der periapikalen Region. Es zeigt deutlich, daß das Kriterium Überlagerung am stärksten als unannehmbar bewertet wird, als bei im Durchschnitt 60.8 % aller Bilder. Gehen wir davon aus, daß die Überlagerung meistens durch die fehlerhafte Horizontalprojektion verursacht wird, so zeigen auch unsere Ergebnisse, daß die Projektionsfehler, wie von einigen Autoren (2, 48, 56, 61, 68) erwähnt, an erster Stelle stehen. Bei einer Analyse intraoraler Röntgenaufnahmen ermittelten ROTTER et al. (61), daß 65.6 % aller Fehler in der Projektion lagen.

Durch die Überlagerung bleiben approximale kariöse Läsionen unentdeckt. Nach SONNABEND (70) seien beim Röntgenstatus höchstens drei Zähne überlagerungsfrei und maßgerecht auf einem Film zu beurteilen, obgleich der Eckzahnbereich wegen des ausgeprägten Zahnbogens oft noch weitere Aufnahmen erfordert. Praktisch werden die Approximalräume desto besser überlagerungsfrei dargestellt, je weiter der Fokus vom Objekt entfernt ist. Es empfiehlt sich also hier die Verwendung von sogenannten "long-cone".

Unsere Ergebnisse bestätigen daher die Wichtigkeit der richtigen Ausrichtung des Zentralstrahles im horizontalen Winkel, also die orthoradiale Projektion.

Das Kriterium Fehlerhafte Filmbehandlung wurde in Fehler bei der Verarbeitung und in Fehler bei der Filmpositionierung unterteilt. Vergleicht man die jeweiligen Ergebnisse mit denjenigen in der Literatur, ohne die Bewertungskriterien zu berücksichtigen, so sind bei unserer Arbeit weniger Fehler zu finden. Viele Autoren wie BEAN (5), CRANDELL (17), MOURSHED (47) u.a. ermittelten "Fehler bei der Filmpositionierung" als erstes mangelhaftes Kriterium, worauf unabhängig von den Ergebnissen anderer Autoren auf dieses etwa die Hälfte aller Fehler entfielen.

Zur Vermeidung von ungünstigen Projektionen bei falscher Position des Röntgenfilmes sollte der Zahnfilm einmal möglichst parallel zur Objektachse stehen, zum anderen muß die Filmlage in den einzelnen Abschnitten des Zahnbogens der Inter-alveolarlinie so parallel als möglich folgen (PASLER (49)). Außerdem darf der Film erstens in der Vertikalen und Horizontalen nicht durchgebogen und zweitens die Ecken des Filmes nicht umgebogen werden (PASLER (49), SONNABEND (68)).

Es handelt sich hier bei Verarbeitungsfehler nicht um die allgemeinen Verarbeitungsfehler, sondern um Artefakte. Gegen die Filmpositionierungsfehler berichtete SCHMITT (64), daß etwa die Hälfte aller Fehler bei der Filmverarbeitung entstanden. Diese Feststellung machte er anlässlich einer Reklamation bei einer Herstellfirma.

Solche Fehler können nur durch sorgfältige Handhabung bei der Verarbeitung in der Dunkelkammer ausgeschaltet werden.

Die Sichtbarkeit der periapikalen Region wurde in durchschnittlich 22.9 % aller Fälle als unannehmbar bewertet. Diese Werte liegen etwas höher als im Vergleich mit ähnlichen Arbeiten (BEIDEMAN (6, 8); ZAPPA (93)). Die Studie

von BEAN (5) und VAN DE POEL (81) zeigten, daß bei der Fehlerhäufigkeit dieses Kriterium die erste Stelle mit etwa 30 % aller Fehler einnahm. Nach WUEHRMANN (92) sollten alle Apikalenbereiche mit mindestens 3.2 mm Normalknochen, die Wurzelspitzen und eventuell das Pathosis auf dem Film gut abgebildet sein.

Unsere Studie erwies, daß diese Fehler meistens in den Molaren- und Frontzahnbereichen des Oberkiefers zu finden waren. Möglicherweise spielen hier die Überlagerung durch den Arcus zygomaticus und die Unterbelichtung des Filmes eine Rolle.

Filmschwärzung und Kontrastverhalten wurden im Durchschnitt bei etwa 17 % aller Bilder als mangelhaft bewertet. Im Vergleich zu den Ergebnissen von GRÖNDAHL (34, 35) und ZAPPA (93) zeigen unsere Ergebnisse bei der mangelhaften Bildqualität einen niedrigen Prozentsatz.

Wie in den Ergebnissen gezeigt, bewertete man bezüglich der Schwärzung in der Mehrzahl als "zu hell" im Vergleich zu "zu dunkel". Nach SONNABEND (66) kommen zu helle Filme hauptsächlich durch zu kurze Belichtungszeiten zustande. Er ist der Meinung, daß diese Ursache durch eine schaltbare Röntgenanlage beseitigt werden könnte, bei der die mA-Leistung erhöht werden müßte, um eine möglichst kurze Belichtungszeit zu erreichen. Dadurch kann die Bewegungsunschärfe vermieden werden. Ferner werden bei zu geringer Belichtung kleine Schmelzdefekte durch die Überlagerung des intakten Schmelzes oft übersehen.

Bei diesen Kriterien ist besonders der subjektive Einfluß zu beachten, der bei der Betrachtung eine Rolle spielt. Der zwischen zwei Bildelementen wahrnehmbare Kontrast ist nicht nur von der absoluten Schwärzungsdifferenz

abhängig, sondern auch von zahlreichen wirksamen Größen, die in der individuellen subjektiven oder objektiven Beurteilung des jeweiligen Betrachters begründet sind. Es sind auch die Ausdehnung der kontrastierenden Flächen, ihre Begrenzung gegeneinander, die Helligkeit benachbarter Bildstellen und die absolute Helligkeit, unter welcher die Bilder betrachtet werden, zu beachten (BRÜNESHOLZ (13)). Allerdings spielen hier die individuellen Sehgewohnheiten des Betrachters eine außergewöhnlich große Rolle (PASLER (49)).

Da diese Mängel meistens bei der Filmverarbeitung in der Dunkelkammer und bei der Belichtung entstehen, darf der Film während der Aufnahme nicht über- und unterbelichtet und während der Ausarbeitung nicht über- und unterentwickelt werden. Da man mit einer Überbelichtung besser fertig wird als mit einer Unterbelichtung, ist eine etwas längere Belichtungszeit im Vergleich zu den Empfehlungen der Firmen in den Prospekten vorzuschlagen (SONNABEND (70)).

Bezüglich der geometrischen Schärfe wurden bei unserer Studie unabhängig von den Bewertern etwa 16.7 % aller Bilder als nicht annehmbar eingestuft. ZAPPA ermittelte etwas niedrigere Werte, nämlich 13 %.

Da die geometrische Schärfe von dem Fokus und den Abstandsverhältnissen abhängt, ist die Verwendung eines Langtubus vorteilhaft (VAN DE POEL (83)). Weil die Fokusgröße aus technischen Gründen nicht auf einen Punkt reduziert werden kann und der Abstand vom Objekt zum Film aus anatomischen Gründen oft beschränkt wird, ist diese Problematik praktisch nur unter der Langtubustechnik zu verringern, wobei durch die Entfernung des Fokus-Objekt-Abstandes das Schattenbild weniger vergrößert wird.

Bezüglich der horizontalen Projektion zeigten unsere Ergebnisse im Vergleich zu denjenigen von ZAPPA wenige Qualitätsmängel, im Vergleich zu denjenigen von BEIDEMAN mehrere.

Wie oben in Überlagerung erwähnt, gehen wir davon aus, daß Überlagerung meistens auf die Vernachlässigung der horizontalen Projektion zurückzuführen sind, jedoch weisen unsere Ergebnisse auf die notwendige Sorgfalt bei der horizontalen Projektion hin, also auf die Beachtung einer orthoradialen Projektion. Im allgemeinen muß im horizontalen Winkel der Zentralstrahl die Inter-alveolarlinie senkrecht passieren, um nachher den parallel zum Alveolarkamm angeordneten Film im rechten Winkel zu treffen. Nach VAN AKEN (80) sollte für brauchbare Bilder der Zentralstrahl aus einer Distanz von etwa 30 cm und in einem Winkel von 15° auf den Apex gerichtet werden.

Der im Bogenverlauf des Kiefers stehende Zahn, wie der Eckzahn und Prämolare, bedarf deshalb einer sorgfältigen Führung des Zentralstrahles, d.h. der Zentralstrahl soll durch den Radius des Zahnbogens verlaufen (PASLER (49)). Bei der vorliegenden Arbeit wurde darauf hingewiesen, daß diese Fehler im Eckzahnbereich des Oberkiefers und im Prämolarenbereich des Unterkiefers am häufigsten auftraten (siehe Tab. 11, S. 63).

Unsere Studie ermittelte, daß die Bilder in der Mehrzahl als mesialexzentrische Projektion im Vergleich zu distalexzentrischer Projektion bewertet wurden. Die Ursache ist nicht zu erklären, aber vermutlich spielt die Position des Behandlers bei der Ausrichtung der Röntgenröhre zur Aufnahme eine Rolle.

In Bezug auf die vertikale Projektion wurden bei dieser Arbeit unabhängig von den Bewertern im Durchschnitt 14.8 % aller Bilder als mangelhaft bewertet. Das ist etwa die gleiche Mangelquote wie bei der horizontalen Projektion.

Im Vergleich zu den Ergebnissen von BEIDEMAN (6, 8) zeigen unsere Ergebnisse mehr Bildqualitätsmängel, aber im Vergleich zu denjenigen von ZAPPA (93) weniger Bildqualitätsmängel. Von den o.e. 14.8 % als mangelhaft bewerteten Bildern waren 51 % als "zu steil" und 49 % als "zu flach" eingestuft worden. In einer Studie von LANGLAND und SIPPY (42) wurde darauf hingewiesen, daß beim Frontzahn 82 % verkürzt und 18 % verlängert auf dem Bild wiedergegeben wurden, obwohl diese Veränderungsmaße nicht immer bedeutsam sind.

Die minimalen Verzerrungen in der Vertikalen spielen bei der Interpretation, besonders in der Endodontie, eine große Rolle. Zur Bestimmung der Länge des Wurzelkanals und der Wurzelfüllung sind Röntgenaufnahmen unerlässlich (SONNABEND (69)). In der Studie über die Wirksamkeit der unterschiedlichen Projektionswinkel bei den periapikalen Röntgenbildern erwies WENGRAF (87) aber, daß bei verschiedenen Projektionen die Bildunterschiede nicht bedeutend sind.

Zur Vermeidung der Verzerrung in der Vertikalen sollte der Zentralstrahl senkrecht auf die Winkelhalbierende eingestellt werden. Als Voraussetzung dafür ist notwendig, daß der Film möglichst parallel zur Zahnachse aufgestellt wird und keinesfalls verbogen werden darf. In einer Studie über die Wirksamkeit der Aufnahmetechnik auf die vertikalen Zahnängen wiesen BHAKDINARONK et al. (10) darauf hin, daß die Paralleltechnik mit 40 cm Tubuslänge ein weniger fehlerhaftes Bild als die Kurztubustechnik mit 20 cm Tubuslänge liefert. Dabei stellte sich der "beam-guiding"

Filmhalter als sehr hilfreich dar. Mit der Winkelhalbierungstechnik mit Rinn- XCP Filmhalter traten die geringsten Fehler bei den bukkalen Wurzeln des Oberkiefers auf. Für die Molaren des Unterkiefers spielt die verwendete Technik keine Rolle.

Die Exaktheit der Einblendung spielte in unserer Studie hinsichtlich der Bildqualität die geringste Rolle, nämlich nur 3.1 % aller Bilder zeigten Mängel. Viele Publikationen (5, 17, 47, 50, 81) ermittelten sie als häufige Fehlerquelle.

Im Vergleich zu anderen Studien zeigten unsere Ergebnisse diesbezüglich viel weniger Mängel. Es muß hier aber berücksichtigt werden, daß bei unserer Studie 91.2 % aller Bilder unter der Verwendung von Langtubus mit verschiedenen Filmhaltern aufgenommen wurden. Falls es sich dabei aber um Bilder handelt, die nicht mit o.g. Aufnahmetechnik gemacht wurden, so sind von diesen Fehlern etwa die Hälfte der Bilder betroffen.

MOURSHED (47) ermittelte in einer Studie, daß sogenannte "cone-cutting" bei der Verwendung von "open-ended" Langtubus mit Bleiblende am häufigsten auftraten, gefolgt von "open-ended", extremer Kurztubus mit Bleiblende. Weniger "cone-cutting" waren bei "open-ended", Langtubus mit Kunststoff und spitzenförmiger Kurztubus mit Kunststoff zu beobachten. Zur Vermeidung von falscher Einblendung sollte nach SONN-ABEND (68) ein rohrförmiger Langtubus mit einem Enddurchmesser von 6 cm bevorzugt werden.

Bezüglich der Detailzeichnung und Beurteilbarkeit, wie periapikale Region, Knochenstruktur, Desmodontalspalt, Limbus alveolaris und Schmelz-Zement-Grenze wurden die Ergebnisse oben genannt. Daraus ergeben sich die Maßstäbe für die Bildqualität und wichtige Kriterien für die diagnostische Interpretation.

Die vorliegende Studie zeigt, daß die Bilder im allgemeinen von den Bewertern als gut qualifiziert wurden. Die Ergebnisse bezüglich der periapikalen Region und des Desmodontalspaltes wurden als weniger befriedigend beurteilt.

Da diese Kriterien von der oben erläuterten technischen Qualität und von der Projektion abhängig sind, erübrigt es sich, die Wichtigkeit der technisch einwandfreien Röntgenbilder für die diagnostische Auswertung nochmals zu erörtern.

Unsere Ergebnisse brachten in der Spalte Nebentbefunde trotz der durch die Verwendung von kleinen Filmformaten verursachten Beschränkung in der Aufnahmefläche viele interessante Informationen. Bezüglich der Canalis und Foramina sind meistens Foramen mentale im Prämolarenbereich des Unterkiefers, Canalis mandibulare im Molarenbereich des Unterkiefers, selten Foramen incisivum und Canalis incisivus im Frontzahnbereich des Oberkiefers sichtbar. In Bezug auf retinierte und verlagerte Zähne waren Weisheitszähne am häufigsten sichtbar. Zur Auffindung und zur Lagebestimmung desselben sind manchmal in zwei Ebenen aufgenommene Röntgenbilder erforderlich.

Da oft nur ein Teil eines Tumors bzw. Zyste dargestellt wird, mußte man bei dem Verdacht auf eine größere Läsion eine Übersichtsaufnahme machen.

Ostitiden sind im allgemeinen in der Peripherie rareifizierender Entzündungen zu beobachten. Bei der apikalen und marginalen Parodontitis werden sie meist als Nebentbefunde erhoben.

Eine ganzheitliche Betrachtung des Kauorgans ist mit Hilfe technischer Aufnahmeverfahren, z.B. Orthopantomogramm, gelungen.

Neben der allgemeinen Bildqualität zeigten unsere Ergebnisse folgendes:

Die Bilder unter Verwendung von Winkelhalbierungstechnik wiesen beträchtlich mehr Fehler auf als diejenigen unter Verwendung von Paralleltechnik. Dies stimmt mit anderen Publikationen (BEAN (5), VAN DE POEL (82, 83)) überein.

Bezüglich der Filmpositionierung (gut/schlecht), der Überlagerung Dentin/Dentin (ja/nein) und der Horizontalprojektion (ja/nein) bestehen keine Unterschiede in der Bildqualität zwischen Status und Bißflügelaufnahme.

Es ist darauf hinzuweisen, daß wider Erwarten bezüglich der Überlagerung Schmelz/Schmelz bei der Bißflügelaufnahme im Vergleich zum Status mehr Qualitätsmängel auftraten. Gehen wir davon aus, daß bei Bißflügelaufnahmen die Beurteilung des approximalen Raumes mehrerer Zähne - besonders für die Früherkennung der Karies - ermöglicht werden kann, so brachte die Untersuchung kein Ergebnis zum besseren Verständnis.

Unter Verwendung des "Superdozahn (Du Pont)"- Filmes werden mehrere Qualitätsmängel bezüglich der Schwärzung und des Kontrastes beobachtet. Hier muß selbstverständlich mit berücksichtigt werden, daß der Unterschied nicht vom Filmtyp allein, sondern von insgesamt vielen Faktoren, wie z.B. Belichtungs- bzw. Verarbeitungsfaktoren abhängig sind. Als Grund dafür sind zu nennen: 1. Die Filme mit gleicher Empfindlichkeit weisen einen unterschiedlichen Kontrast auf. 2. Die Filme mit gleicher Empfindlichkeit zeigen große Unterschiede in der Körnung. 3. Kontrast und Schleier nehmen mit ansteigender Film-Speed zu (VAN AKEN (79)).

Bei dem untersuchten Material aus den vergangenen sechs Jahren konnte eine Änderung der Bildqualität statistisch nicht gesichert werden, da der Zeitraum zu kurz war. Es kann jedoch vermutet werden, daß die Bildqualität nach diesen Ergebnissen im Laufe der Zeit nicht verbessert wurde. Das bedeutet, daß bei der Röntgentechnik eine Ausbildung des Behandlers unbedingt notwendig ist, um die Technik voll beherrschen zu lernen und um unnötige Fehler aus Unwissenheit zu vermeiden.

Bei der Aufteilung der gesamten Bilder auf Qualitätsmängel im Ober- und Unterkiefer zeigten sich die größten Qualitätsmängel im Bereich des Oberkiefers. Im Oberkiefer sind die Qualitätsmängel etwa doppelt so hoch als im Unterkiefer. Da durch topographische Gegebenheiten die Projektionsverhältnisse im Oberkiefer schlechter als im Unterkiefer sind, könnte eine Aufnahme im Unterkiefer theoretisch besser gemacht werden als im Oberkiefer.

Je weiter wir in den Bereich der Molaren kommen, desto größer werden die Schwierigkeiten in der Herstellung eines Bildes, einmal durch den Jochbogen, zum anderen durch einen häufig relativ flachen Gaumen und schließlich durch die Kiefernöhle. Zur Vermeidung dieser Probleme benutzt man z.B. Watterollen (nach RE MASTER) und verschiedene andere Hilfsmittel.

Es ist nicht verwunderlich, daß die Molarenbereiche des Oberkiefers die größten Qualitätsmängel zeigen, denn die topographischen Gegebenheiten verhindern eine optimale Aufnahme. In einer Fehleranalyse der Zahnbilder ermittelte CRANDELL (17), daß die Fehler im Molarenbereich des Unterkiefers bezüglich der Filmpositionierung und im Oberkiefer bezüglich der Projektion am häufigsten auftraten.

Bei den Eckzahnbereichen treten sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer im Vergleich zu Nicht-Eckzahnbereichen relativ mehr Fehler auf, besonders bezüglich der Projektion. Dies ist verständlich, da sich diese Bereiche in einer anatomisch schwierigen Lage befinden, so daß z.B. bei der Filmlage häufig Fehler auftauchen. In den meisten Fällen ist für den Eckzahn eine eigene Aufnahme erforderlich.

Aufgrund unserer statistischen Aussagen und anhand der vorliegenden Abb. 4 (S. 44) können wir im Vergleich von Unterkiefer zu Oberkiefer ein größeres Sorgfältigkeitsbedürfnis bei der Aufnahme des Oberkiefers feststellen.

Bei den meisten Kriterien wurde darauf hingewiesen, daß die Bilder aus der Klinik von besserer Qualität sind als diejenigen aus der Praxis. Aber bezüglich der Überlagerung und der Schmelz-Zement-Grenze zeigte unsere Arbeit, daß die Bilder aus der Praxis von besserer Qualität waren als diejenigen aus der Klinik. Gehen wir davon aus, daß in der Klinik bessere Röntgengeräte und Hilfsmittel zur Verfügung stehen, kann man sich dieses Ergebnis nur schlecht erklären.

Im Laufe der Untersuchungen fiel folgendes auf: Fast alle Bilder wurden mit Azetatblättern und fehlerloser räumlicher Orientierung archiviert. In Studien von BEIDEMAN (6, 8) wurde dies bei der Beurteilung der Bilder mitberücksichtigt. Darin zeigte sich dieser Fehler als erste Fehlerquelle bei 35 % bis 50 % aller Bilder.

Bei der Filmanordnung im Status war die Anzahl der Zahnfilme nicht selten ungenügend; bei einem Status z.B. erschienen alle vier Eckzähne nicht, bei einem anderen wurde derselbe Zahnbereich zweimal abgebildet.

Bei der Bewertung der Schwärzung, des Kontrastes und der geometrischen Schärfe fällt auf, daß im Status meistens überall gleichmäßige Bildqualität bewertet wurde, wobei z.B. bei einem Status alle einzelnen Bilder Qualitätsmängel aufzeigten. Da diese Kriterien immer miteinander in Beziehung stehen, wurden die Ergebnisse möglicherweise in ähnlichen Kriterien angeglichen.

Bezüglich der Überlagerung war das Bild oft schwierig zu bewerten, wenn auf dem Bild Kronen bzw. Füllungen zu sehen waren. Dies trifft auf alle Kriterien zu.

Beim Vergleich mit anderen Publikationen muß jedoch berücksichtigt werden, daß unsere Ergebnisse nicht kritiklos mit anderen verglichen werden können. Das begründet sich darin, daß diese Untersuchung lediglich einen orientierenden Charakter hat und unter diesen Umständen keine allgemeingültigen Aussagen zuläßt.

Da es noch kein objektives Bewertungsformular für die Beurteilung einer großen Anzahl von Röntgenbildern gibt, konnten individuell bedingte Einflußfaktoren mehr oder weniger die Ergebnisse verfälschen. Dazu kommt, daß einmal durch die individuellen Sehgewohnheiten des Betrachters, zum anderen durch die äußeren Umstände während der Bewertung, wie Raumbelichtung, Art der Betrachtungsgeräte, verfügbare Zeit u.ä. an sich schon die Leistungskraft bei allen Betrachtern subjektiv mehr oder weniger beeinflusst wurde.

Details sind oft erst bei der Betrachtung durch eine Lupe und ein Negatoskop mit einer Blende gut erkennbar. Die Bildanalyse erfordert Zeit, also bei zu langer oder zu kurzer Betrachtung der Bilder kann die Gefahr einer Fehlanalyse bestehen (SONNABEND (70)).

Außerdem sind völlig gleiche Versuchsbedingungen nicht immer reproduzierbar. Im allgemeinen können die Bilder, vor allem Status, bei abgedunkeltem Zimmer optimal betrachtet werden. Nach WUEHRMANN (90) sollte das Bild systematisch betrachtet werden. In einer Studie im Vergleich der diagnostischen Qualität der Zahnbilder bewies PESTRITTO (52) unter fünf verschiedenen Arbeitsbedingungen unterschiedliche Bildqualitäten.

Bei unseren Ergebnissen bezüglich der einzelnen Bewerter ist augenfällig, daß ein Bewerter überwiegend negative Bewertungsstufen ankreuzte. Die Ursachen kann man auf o.g. komplizierte Faktoren zurückführen. Vermutlich auch wählte er bei der Bewertung im Zweifelsfalle immer die negative Einstufung.

Zur statistischen Sicherung der Aussagen wurden zwei jeweils indizierte Tests benutzt. Aus den Ergebnissen des Friedman-Tests kann indirekt geschlossen werden, daß die verwendeten Bewertungsfragebogen für die Beurteilung der Bildqualität reproduzierbare Ergebnisse liefern.

Zum zweiten wurde der Mehr- bzw. Vierfelder- χ^2 -Test angewandt, um Unterschiede zwischen den Bewertern bzw. zwischen Klinik und Praxen hinsichtlich verschiedener Kriterien zu sichern.

Es ist verantwortungsvolle Aufgabe des Zahnarztes, Röntgenaufnahmen in guter Qualität anzufertigen (AMER. ACAD. OF DENT. RADIOLOG. QUALITY ASSURANCE (1), GRATT et al. (33)). Die erforderliche Information soll jedoch unter der geringstmöglichen Strahlenexposition geliefert werden. Zwischen der Bildqualität und der Strahlenexposition muß deshalb für jeden Fall ein Kompromiß geschlossen werden, wobei alles zu vermeiden ist, was die Strahlenexposition erhöht, ohne daß die Bildqualität leidet (SONNABEND (70)).

Optimale Bedingungen für Qualitätsverbesserungen wurden in vielen Publikationen (49, 50, 61, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 80, 91) angegeben. Viele Autoren beschrieben die Fehlermöglichkeiten und versuchten auch diese Mängel auszuschalten (2, 32, 36, 49, 57, 64, 80, 83).

Mit Hilfe technisch weiter entwickelter Röntgengeräte und sorgfältiger Handhabung bei der Aufnahmetechnik unter Verwendung von Hilfsmitteln läßt sich heute jeder qualitätsbestimmende Faktor optimieren.

Vor kurzem wurde in einigen Publikationen (1, 31, 33) ein sogenanntes QUALITÄT-KONTROLL-SYSTEM veröffentlicht. Für die Verbesserung der Bildqualität - insbesondere bezüglich der Schwärzung und der Verarbeitung - ist dieses "Quality assurance program" zu empfehlen.

Schließlich fordert die relativ hohe Fehlerquote im Röntgenbild eine äußerst dringende Verbesserung der Aus- und Weiterbildungsprogramme für die Bediener der Geräte sowie eine Unterweisung zur Beherrschung der Aufnahmetechnik, um zur Vermeidung der vielen Fehler beizutragen.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Beurteilung der Qualität intraoraler Röntgenaufnahmen wurden 648 zufällig ausgewählte Zahnrontgenbilder aus der Klinik und aus den zahnärztlichen Praxen aus den Jahren von 1978 bis 1982 nach 13 verschiedenen Hauptkriterien bewertet. Fünf Assistenten erfaßten die Bilder bezüglich der Filmschwärzung, des Kontrastverhaltens, der geometrischen Schärfe, der fehlerhaften Filmbehandlung, der Überlagerung, der horizontalen und vertikalen Projektion, der Exaktheit des Zentralstrahles und der Detailzeichnung bzw. Beurteilbarkeit der periapikalen Region, der Knochenstruktur, des Desmodontalspaltes, des Limbus alveolaris und der Schmelz-Zement-Grenze. Zusätzlich wurden Nebenbefunde mitberücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigten, daß zwar bei einzelnen Kriterien im allgemeinen eine gute Bildqualität vorherrscht, daß aber die Anzahl der fehlerfreien Röntgenbilder nicht befriedigend war. Mindestens 60 % der gesamten Bilder wiesen einen oder mehrere Qualitätsmängel auf. Häufigere Qualitätsmängel traten bei der Überlagerung, der fehlerhaften Filmbehandlung und der Detailzeichnung der periapikalen Region auf. Bei den übrigen Kriterien wurden im Durchschnitt über 80 % der Röntgenbilder annehmbar bewertet.

Zusätzlich wurden Unterschiede der Bildqualität bezüglich der Einstellung, der Aufnahmetechnik, des Filmtypes, des Jahrganges der Filme, des Zahnbereiches und zwischen Klinik und Praxis überprüft.

Die statistische Auswertung ergab folgendes:

1. Die Röntgenbilder unter Verwendung von Halbwinkeltechnik sind mangelhafter als diejenigen von Paralleltechnik (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0.02143$).

2. Die Bißflügelaufnahme ist bezüglich der Überlagerung Schmelz/Schmelz mangelhafter als der Status (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0$).
3. Die Röntgenbilder mit Kodak Speed D zeigten bezüglich der Filmschwärzung und des Kontrastverhaltens weniger Qualitätsmängel im Vergleich zum Superdozahn-Film (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0.00463$).
4. Die Röntgenbilder im Jahre 1980 zeigten mehr Qualitätsmängel als die Bilder im Jahre 1978 und 1982 (Mehrfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0$).
5. Die Oberkieferbilder zeigen etwa zweimal so viele Qualitätsmängel als die der Bilder im Unterkiefer (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0$). Im Molarenbereich des Oberkiefers traten am häufigsten Qualitätsmängel auf, gefolgt vom Eckzahnbereich des Oberkiefers und der Bißflügelaufnahme.
6. Die Röntgenbilder der Praxis sind bezüglich der Überlagerung und der horizontalen Projektion weniger mangelhaft als diejenigen der Klinik (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0.006$ bzw. $p \geq 0$). Bezüglich der Schwärzung (zu dunkel/gut + zu hell, $p \geq 0.243$), der vertikalen Projektion (ja/nein, $p \geq 0.120$) und der Schmelz-Zement-Grenze (gut/schlecht, $p \geq 0.664$) besteht kein Unterschied zwischen Klinik und Praxis. Bei den übrigen Kriterien sind die Bilder aus der Klinik mit weniger Qualitätsmängeln im Vergleich zur Praxis behaftet (Vierfelder- χ^2 -Test, $p \geq 0$).

Bei den Vorversuchen wurden mit 47 intraoralen Röntgenbildern die Intra- und Inter-Examiner-Variation für 12 Hauptkriterien untersucht. Da zwischen der Beurteilung der fünf Bewerter für diese 12 Hauptkriterien keine Unterschiede zu sichern waren (Friedman-Test, stets $p \geq 0.281$), kann indirekt geschlossen werden, daß der vorliegende Bewertungsfragebogen reproduzierbare Ergebnisse liefern kann.

Um die häufigsten Qualitätsmängel bei der Herstellung intraoraler Röntgenbilder vermeiden zu können, wurden bei den einzelnen Kriterien Empfehlungen gegeben.

VIII. SCHRIFTTUM

1. American Academy of Dental Radiology Quality Assurance Committee: Recommendation for quality assurance in dental radiography. Oral Surg. 55 (1983) 421-426
2. Ackermann, L.:
Fehler und Irrtümer bei Belichtung und Entwicklung der Zahnröntgenfilme. Dtsch. Zahnärztl. Z. 29 (1974) 282-294
3. Ammann, E. und Grassme, U.:
The "mAs" switch to increase efficiency of dental radiography. Quintess. Internat. Dig. 8 (1977) 63-67
4. Barr, J.H.:
The information yield from radiographs. Oral Surg. 22 (1966) 174-182
5. Bean, L.R.:
Comparison of Bisecting Angle and Paralleling Methods of Intraoral Radiology. J. Dent. Educ. 33 (1969) 441-445
6. Beideman, R.W., Johnson, O.N. and Alcox, R.W.:
A study to develop a rating system and evaluate dental radiographs submitted to a third party carrier. J. Amer. den. Assoc. 93 (1976) 1010-1013
7. Beideman, R.W.:
Improving the quality of third party radiographs, a follow up study: Presentation given at the ADA. Mar. 1979, Dallas, Texas
8. Beideman, R.W., Pettigrew, J.C. and Green, P.H.:
A follow up study of a third-party radiographic evaluation system. Oral Surg. 55 (1983) 103-108
9. Benkow, H.:
Standardized intraoral radiograph versus free hand projection. Dento-Maxillo-Facial Radiology 1 (1972) 14
10. Bhakdinaronk, A., Manson-Hing, L.R.:
Effect of radiographic technique upon prediction of tooth length in intraoral radiography. Oral Surg. 51 (1981) 100-107
11. Biggerstaff, R.H., Phillips, J.R.:
A quantitative comparison of Paralleling long-cone and Bisection-of-angle periapical radiography. Oral Surg. 62 (1976) 673-677

12. Bronkhorst, W.:
Kontrast und Schärfe im Röntgenbild. Thieme, Leipzig, 1924
13. Brünesholz, H.:
Der Einfluß von Schnellentwicklern auf die Qualität von
Zahnfilmen. Med. Diss. Bonn, 1968
14. Buchholz, R.E.:
Exposure factor determination. Oral Surg. 40 (1975)
548-552
15. Cieszynski, A.:
Zahnärztliche Röntgenologie und klinische Zahnheilkunde
im Röntgenbild. 2. Aufl. Johann Ambrosius Barth, Leip-
zig, 1926
16. Cocchi, U., Thurn, P.:
Einführung in die Röntgendiagnostik. Georg Thieme Ver-
lag, Stuttgart, 1967
17. Crandell, C.E.:
Cause and Frequency of Intraoral X-Ray Errors by Dental
and Hygiene Students. J. Dent. Educ. 22 (1958) 189-196
18. Crandell, C.E., Chapel Hill:
An evaluation of the influence of the halb-value layer
on the diagnostic quality of intraoral roentgenograms.
Oral Surg. 21 (1966) 39-46
19. Degering, C.I.:
Dental roentgenographic film density and clinical
diagnosis. Oral. Surg. 15 (1962) 1089-1095
20. Deutsche Normen, DIN 6829:
Röntgenfilme zur Verwendung ohne Verstärkerfolien in der
medizinischen Diagnostik. Bestimmung von Empfindlichkeit,
Gradation und Schleier, July, 1959
21. Duckworth, J.E., Judy, P.F., Goodson, J.M. and Socransky,
S.S.:
A Method for the Geometric and Densitometric Standardiza-
tion of Intraoral Radiographs. J. Periodontol. 54 (1983)
432-440
22. Eggert, J.:
Einführung in die Röntgenphotographie. S. Hirzel Verlag,
Zürich, (1951) 96
23. Evans, M.R., Crandell, L.E.:
An Analysis of Image Sharpness as related to Film Speed.
Oral Surg. 17 (1964) 36-41

24. Fitzgerald, G.M.:
Dental Radiography. IV. The Voltage factor (kVp).
J. Amer. dent. Assoc. 41 (1950) 19-28
25. Fitzgerald, G.M.:
Ginn's Review of Dentistry. The C.V. Mosby Company,
St. Louis, 1963
26. Fortier, A.P.:
Preventive Care and Maintenance of the Automatic Pro-
cessor. J. Prevent. Dent. 4 (1977) 20-21
27. Franke, G.:
Empfehlungen für zahnärztliche Röntgenmethoden. Int.
Dent. J. 28 (1978) 467-468
28. Fuchs, A.W.:
Principles of Radiographic Exposure and Processing.
Ed. 2, Springfield, Ill. 1958, Charles C. Thomas, Publ.
153-157
29. Gilbert, R.R., Hanan, L.:
Duplication and quality control for intraoral roentgeno-
graphic use in clinical periodontics. Oral Surg. 26
(1968) 31-38
30. Goren, A.D., Pentel, L. et al.:
Radiation quality and x-ray emulsion responses. Oral Surg.
27 (1969) 467-474
31. Gould, R.G., Barton, M.G.:
Technical aspects of a dedicated quality-control system
for dental radiology. Oral Surg. 55 (1983) 437-444
32. Grasser, H., Ackermann, K.:
Röntgenfilme und ihre Verarbeitung. Zahnärztl. Praxis 27
(1976) 82-84
33. Gratt, B.B., Gould, R.G.:
Clinical trials of a dental radiographic quality control
system. Dento-Maxillo-Facial Radiology. 9 (1980) 70-72
34. Gröndahl, H.G. Hollender, L. und Osvald, O.:
Röntgendiagnostik i tandläkarpraxis. En studie av
bildkvalitet och -kvantitet vid yrkesskadefall.
Tandlaekartidningen 66 (1974) 103-107
35. Gröndahl, H.G., Hollender, L. und Osvald, O.:
Quality and Quantity of dental x-ray examinations,
a comparative study in a five year interval.
Dentomaxillo-Facial Rad. 9 (1980) 70-72

36. Hauser, P.:
Über die am häufigsten vorkommenden Fehler in der röntgenographischen Darstellung von Unterkieferabschnitten auf Zahnfilmen. Der Radiologe 10 (1964) 325-335
37. Hielscher, W.:
Parallelaufnahmenverfahren bei enoralen Zahnaufnahmen. Dtsch. Zahnärztl. Z. 10 (1955) 601-616
38. Horn, C.:
Optimale Zahnaufnahmen durch sachkundige Filmverarbeitung. Stomatol. DDR 28 (1978) 739-746
39. Hutzli, H.R.:
Das intraorale Aufnahmeverfahren nach Fitzgerald. Schweiz. Msch. Zahnheilk. 63 (1959) 1048-
40. Janker, R.:
Röntgenaufnahmetechnik. Johann Ambrosius Barth, München, 1961
41. Joseph, S.:
The Fundamentals of X-Ray and Radium Physics. Ed. 3. Springfield, Ill., 1963, Charles C. Thomas Publ. 244-252
42. Langland, O.E., Sippy, F.H.:
A study of radiographic longitudinal distortion of anterior teeth using the paralleling technique. Oral Surg. 22 (1966) 737-749
43. Lervik, T., Conley, G.G.:
Quality of intraoral radiographs from 9-11 years old norwegian children. Community Dental Oral Epidemiol. 10 (1982) 323-328
44. Manson-Hing, I.R.:
Kilovolt Peak and the Visibility of Lamina Dura Breaks. Oral Surg. 31 (1971) 268-273
45. Medwedeff, F.M., Knox, W.H. and Latimer, P.:
A new device to reduce patient irradiation and improve dental film quality. Oral Surg. 15 (1962) 1079-1088
46. Meuron, A. de, Herren, P.:
Der standardisierte Zahnröntgenstatus nach der Winkelhalbierungstechnik mittels Long-cone, Hautmarkierungen, Lichtzeiger- und Horizontalskala. Schweiz. Msch. Zahnheilk. 81 (1971) 921-946
47. Mourshed, F.:
A study of intraoral errors made by dental students. Oral Surg. 32 (1971) 824-828

48. Paerschke, E.:
Röntgenkunde für Stomatologische Schwestern. Volk und Gesundheit, Berlin, 1974
49. Pasler, F.A.:
Zahnärztliche Radiologie. Thieme Verlag, Stuttgart, 1981
50. Patel, J.R.:
Intraoral radiographic errors. Oral Surg. 48 (1979) 479-783
51. Pentel, L., Goren, A.D.:
Tone scale and separation in dental x-ray emulsions. Oral Surg. 21 (1966) 748-760
52. Pestritto, S.T., Anderson, S.J. and Braselton, J.A.:
Comparison of diagnostic quality of dental radiographs produced by five rapid processing techniques. J. Amer. dent. Assoc. 89 (1974) 353-355
53. Pohlitz, W.:
Strahlenqualität, Strahlenabsorption und Filmbild. Dtsch. Zahnärztl. Z. 22 (1967) 206-215
54. Poppe, H.:
Technik der Röntgendiagnostik. Thieme Verlag, Stuttgart, 1966
55. Ramm, B., Hofmann, G.:
Biomathematik. 2. Aufl. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1982
56. Reckow, J.F. v.:
Fehler beim Röntgen. Dtsch. Zahnärztekalendar, Hanser, München 1949
57. Reckow, J.F. v.:
Über die am häufigsten vorkommenden Fehler in der röntgenographischen Darstellung von Oberkieferabschnitten auf Zahnfilmen. Der Radiologe 9 (1964) 305-318
58. Rifkin, S.D.:
The development and utilization of criteria for the quality control of dental radiographs. J. Dent. Res. 58 (1979) Spec. Issue A: Abstract 10
59. Ritter, W.:
Röntgenuntersuchung der Zähne, der Kiefer und des Gesichtsskelettes. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1981
60. Roschmann, O.G.:
Meß-Einstellverfahren für enorale Röntgenaufnahmen. Zahnärztl. Welt 80 (1971) 456-458

61. Rother, H., Schwarz, H.M.:
Die häufigsten Fehler bei der Anfertigung intraoraler
Röntgenaufnahmen. Stomatol. DDR 26 (1976) 806-812
62. Saulier, V.E., Barr, J.H.:
Compact foreign-made x-ray generators: An evaluation of
their acceptability for effective dental radiography.
Oral Surg. 38 (1970) 811-816
63. Sauter, W.:
Über die Abhängigkeit der für Zahnrontgenaufnahmen er-
forderlichen Dosis von Filmmaterial und seiner Verarbei-
tung, sowie von aufnahmetechnischen Faktoren. Med. Diss.
München, 1978
64. Schmitt, E.:
Fehler und Irrtümer anhand von Reklamationsanalysen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 29 (1974) 299-300
65. Sonnabend, E.:
Die Bedeutung der Spannung bei Röntgenaufnahmen der Zähne.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 17 (1962) 986-998
66. Sonnabend, E.:
Fehlerquellen bei der intraoralen Röntgendiagnostik.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 20 (1966) 603-612
67. Sonnabend, E.:
Fehlerquellen bei der Herstellung und Beurteilung des
Röntgenbildes. Bayerische Zahnärztetagsvorträge, Verlag
Zahnmed. Schrifttum, München (1973) 17-30
68. Sonnabend, E.:
Fehler bei der Projektion intraoraler Röntgenaufnahmen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 29 (1974) 301-306
69. Sonnabend, E.:
Zum Röntgenbefund im Rahmen der Endodontie. Dtsch.
Zahnärztl. Z. 30 (1975) 313-320
70. Sonnabend, E.:
Das Röntgenbild in der zahnärztlichen Praxis. 2. Aufl.
Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg, 1984
71. Spangenberg, H.D., Pool, M.L.:
A display quotient and a display number for radiographic
evaluation of films and radiation quality. Oral Surg. 34
(1972) 335-347
72. Stafne, E.C., Gibilisco, J.A.:
Oral Roentgenographic Diagnosis. W.B. Saunder
Company, 1975

73. Thunty, K.H.:
Radiographic illusions caused by film-processing fault.
Quintess. Internat. Dent. Dig. 8 (1977) 67-68
74. Thunty, K.H., Fortier, A.P. and Knapp, W.B.:
Automatic film processing in the dental office. Quintess.
Internat. Dent. Dig. 8 (1977) 75-78
75. Thunty, K.H.:
Automatic Film Processing. J. Prevent. Dentistry 4
(1977) 18-19
76. Updegrave, W.J.:
High or low kilovoltage. Dental Radiography and photo-
graphy 33 (1960)
77. Updegrave, W.J.:
Simplified and standardized bisecting-angle technique
for dental radiography. J. Amer. dent. Assoc. 75
(1967) 1361-1368
78. Updegrave, W.J.:
Rechtwinkel-Röntgenteknik. Quintessenz 20 (1969) 107-112
79. Van Aken, J.:
A Study of some properties of 23 different dental x-ray
films. Oral Surg. 15 (1962) 1330-1348
80. Van Aken, J.:
Optimum conditions for intraoral roentgenograms.
Oral Surg. 27 (1969) 475-491
81. Van de Poel, A.C.M.:
Fouten gemaakt bij het vervaardigen en afwerken van
tandheelkundige röntgenfoto's. Ned. T. Tandheelkd. 83
(1973) 424-429
82. Van de Poel, A.C.M., Duinkerke, A.S.H.:
Long-cone of Short-cone Bitewingopnamen?
Ned. T. Tandheelkd. 80 (1973) 103-109
83. Van de Poel, A.C.M.:
Een vergelijkend onderzoek naar de fouten gemaakt met de
deellijnen de long cone-techniek. Ned. T. Tandheelk. 82
(1975) 68-72
84. Webber, R., Ryge, G.:
The significance of exposure parameters in dental radio-
graphy. Oral Surg. 27 (1969) 740-753
85. Wegner, H. von, Wiltshcke, F. und Pawelsky, P.:
Filmhalte- und Einstellgeräte für die Rationalisierung
der Röntgenuntersuchung mit Bißflügelfilmen. Stomatol.
DDR 24 (1974) 497-501

86. Weissman, D.D., Longhurst, G.E.:
Clinical evaluation of a rectangular field collimating device for periapical radiography. J. Amer. dent. Assoc. 82 (1971)
87. Wengraf, A.M.:
Angulation in periapical radiography. Brit. Dent. J. 118 (1965) 528-531
88. Wuehrmann, A.H., Monacelli, C.J.:
Selecting of optimum Kilovoltage for Dental Radiography. Radiology 57 (1951) 240
89. Wuehrmann, A.H., Curby, W.A.:
Radiopacity of oral structures as a basis for selecting optimum Kilovoltage for intraoral roentgenograms. J. Dental Research. 31 (1952) 27
90. Wuehrmann, A.H.:
Radiation hygiene and its practice in dentistry as related to film viewing procedures and radiographic interpretation. J. Amer. Dent. Assoc. 80 (1970) 346-356
91. Wuehrmann, A.H., Mansong-Hing, L.R.:
Dental Radiology. The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1973
92. Wuehrmann, A.H.:
Evaluation criteria for intraoral radiographic film quality. J. Amer. dent. Assoc. 89 (1974) 345-352
93. Zappa, U., Graf, H.:
Die Qualität von Zahnrontgenbildern aus schweizerischen zahnärztlichen Praxen. Schweiz. Msch. Zahnheilk. 92 (1982)

IX. ANHANG

Original-Daten für Frieman-Test

[illegible]

```
0 = gut
1 = zu dunkel
-1 = zu hell
```

	GRUPPE	KONTRAST
+++++ 	MESSUNG-Nr.	
+++++ 	Ass 1	
+++++ 	Ass 2	
+++++ 	Ass 3	
+++++ 	Ass 4	
+++++ 	Ass 5	
+++++ 	Ass 2a	
+++++ 	Ass 2b	

4 = optimal
3 = befriedigend
2 = noch vertretbar
1 = unbrauchbar

	GRUPPE	GEOMETRISCHE SCHÄPPE
	MESSUNG-Nr	
	Ass 1	
	Ass 2	
	Ass 3	
	Ass 4	
	Ass 5	
	Ass 2 a	
	Ass 2 b	

4 = optimal
 3 = befriedigend
 2 = noch vertretbar
 1 = unbrauchbar

	GRUPPE	ÜBERLAGERUNG
	MESSUNG-Nr	
	Ass 1	
	Ass 2	
	Ass 3	
	Ass 4	
	Ass 5	
	Ass 2 a	
	Ass 2 b	

0 = gut
 1 = Überlagerung Schmelz/Schmelz
 2 = Überlagerung Dentin /Dentin
 3 = Überlagerung Wurzeln

	GRUPPE	VERTIKALE PROJEKTION
	MESSUNG-Nr	
.....	Ass 1	
.....	Ass 2	
.....	Ass 3	
.....	Ass 4	
.....	Ass 5	
.....	Ass 2 a	
.....	Ass 2 b	

- 0 = gut
 1 = zu steil
 2 = zu flach
 3 = Überlagerung durch den Arcus zygomaticus
 4 = 1 + 3
 5 = 2 + 3

	GRUPPE	PERIPIKALE REGION
	MESSUNG-Nr	
.....	Ass 1	
.....	Ass 2	
.....	Ass 3	
.....	Ass 4	
.....	Ass 5	
.....	Ass 2 a	
.....	Ass 2 b	

- 4 = optimal
 3 = befriedigend
 2 = noch vertretbar
 1 = unbrauchbar

GRUPPE	KÖRPERSTRUKTUR
MESSUNG-Nr	
Ass 1	
Ass 2	
Ass 3	
Ass 4	
Ass 5	
Ass 2a	
Ass 2b	

0 = annehmbar
-1 = nicht annehmbar

GRUPPE		LIMBUS ALVEOLARIS
MESSUNG-Nr		
As s 1		
As s 2		
As s 3		
As s 4		
As s 5		
As s 2a		
As s 2b		

0 = annehmbar
-1 = nicht annehmbar

LEBENS LAUF

Am 15. Januar 1953 wurde ich als erster Sohn des Professors Huan-Dok Bak und seiner Ehefrau Ae-Sun, geb. Lee in Seoul, Korea geboren.

Am 5. Februar 1971 erhielt ich das Zeugnis der Reife.

Anschließend studierte ich sechs Jahre (12 Semester) an der Seoul National Universität Zahnmedizin und habe am 20. Februar 1977 das Staatsexamen bestanden.

Vom März 1977 bis April 1980 diente ich als Militärzahnarzt (Kapitänleutnant) in der koreanischen Marine.

Nach meiner Entlassung aus dem Militärdienst habe ich zwei Jahre in meiner Praxis gearbeitet.

Seit Anfang 1983 bin ich als Gastassistent in der Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität München tätig.







